

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-055791

(43)Date of publication of application : 27.02.1996

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

C30B 25/14

G03F 7/11

G03F 7/26

(21)Application number : 07-169091

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 04.07.1995

(72)Inventor : OGAWA TORU
GOCHO TETSUO

(30)Priority

Priority number : 03360521 Priority date : 30.12.1991 Priority country : JP

03360523

30.12.1991

04 87911

11.03.1992

JP

04 87912

11.03.1992

JP

04244314

20.08.1992

JP

04316073

31.10.1992

JP

JP

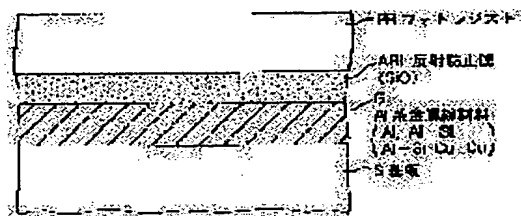
JP

(54) RESIST PATTERN FORMATION METHOD AND REFLECTION PREVENTIVE FILM FORMATION METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a resist pattern formation method for forming a stable pattern favorably and a method for forming a new reflection preventive film, even if the resist pattern is a fine one when forming the resist pattern on an optional base substrate, using the light of optional single wavelength as an exposure light source.

CONSTITUTION: A reflection preventive film ARL constituted of a silicon oxide film (SixNy) is grown directly or through other layer on a base photoresist PR is made directly or through another layer on the reflective preventive film ARL. A photoresist PR is exposed and a mask pattern is transcribed. As a reflective preventive film, it is desirable to grow a reflective film not less than 1.2 and not more than 3.4 in reflection refraction factor n and absorption refraction factor k not less than 0.16 and not more than 0.72 with 150-45nm in exposure wavelength, and not less than 10nm and not more than 100nm in thickness.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.07.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 8 - 5 5 7 9 1

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 2 月 27 日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H01L 21/027

C30B 25/14

G03F 7/11

7/26

503

H01L 21/30

574

審査請求 有 請求項の数 19 O L (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平 7 - 1 6 9 0 9 1
(62) 分割の表示 特願平 4 - 3 5 9 7 5 0 の分割
(22) 出願日 平成 4 年 (1992) 12 月 29 日
(31) 優先権主張番号 特願平 3 - 3 6 0 5 2 1
(32) 優先日 平 3 (1991) 12 月 30 日
(33) 優先権主張国 日本 (J P)
(31) 優先権主張番号 特願平 3 - 3 6 0 5 2 3
(32) 優先日 平 3 (1991) 12 月 30 日
(33) 優先権主張国 日本 (J P)
(31) 優先権主張番号 特願平 4 - 8 7 9 1 1
(32) 優先日 平 4 (1992) 3 月 11 日
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 0 0 0 0 0 2 1 8 5
ソニー株式会社
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号
(72) 発明者 小川 透
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソ
ニー株式会社内
(72) 発明者 牛嶋 哲雄
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソ
ニー株式会社内
(74) 代理人 弁理士 佐藤 隆久

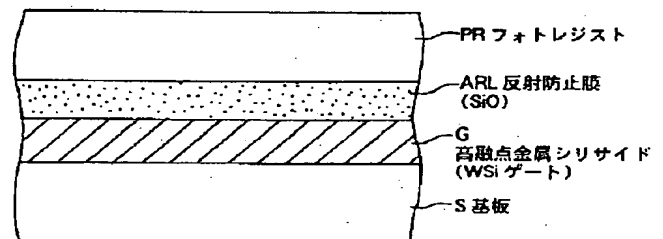
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】レジストパターン形成方法および反射防止膜形成方法

(57) 【要約】

【目的】 任意の単一波長の光を露光光源として、任意の下地基板上にレジストパターンを形成する際に、そのレジストパターンが微細なものであっても、良好に、安定したレジストパターンを形成するためのレジストパターン形成方法と新規な反射防止膜の形成方法を提供すること。

【構成】 下地基板 S 上に、直接またはその他の層を介して、酸化シリコン系膜 (S i , O ,) で構成される反射防止膜 A R L を成膜する。反射防止膜 A R L の上に、直接またはその他の層を介してフォトレジスト P R を形成する。フォトレジスト P R に露光を行い、マスクパターンを転写する。反射防止膜としては、露光波長が 150 ~ 450 nm において、反射屈折率 n が 1.2 以上 3.4 以下であり、吸収屈折率 k が 0.16 以上 0.72 以下であり、膜厚が 10 nm 以上 100 nm 以下の反射防止膜を成膜することが好ましい。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】下地基板上に形成した反射防止膜上のフォトレジストを単一波長により露光してレジストパターンを形成するレジストパターン形成方法であって、下地基板上に、直接またはその他の層を介して、酸化シリコン系膜で構成される反射防止膜を成膜する工程と、前記反射防止膜の上に、直接またはその他の層を介してフォトレジストを形成する工程と、前記フォトレジストに露光を行い、マスクパターンを転写する工程とを有するレジストパターン形成方法。

【請求項 2】前記反射防止膜として、露光波長が 150 ～ 450 nm において、反射屈折率 n が 1.2 以上 3.4 以下であり、吸収屈折率 k が 0.16 以上 0.72 以下であり、膜厚が 10 nm 以上 100 nm 以下の反射防止膜を成膜する請求項 1 に記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 3】前記反射防止膜として、露光波長が 150 ～ 450 nm において、反射屈折率 n が 1.9 以上 5.7 以下であり、吸収屈折率 k が 0 以上 0.46 以下であり、膜厚が 25 nm 以上 100 nm 以下の反射防止膜を成膜する請求項 1 に記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 4】前記反射防止膜として、露光波長が 150 ～ 450 nm において、反射屈折率 n が 1.2 以上 3.4 以下であり、吸収屈折率 k が 0.4 以上 1.4 以下であり、膜厚が 10 nm 以上 100 nm 以下の反射防止膜を成膜する請求項 1 に記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 5】前記反射防止膜として、露光波長が 150 ～ 450 nm において、反射屈折率 n が 1.9 以上 5.7 以下であり、吸収屈折率 k が 0.2 以上 0.62 以下であり、膜厚が 25 nm 以上 100 nm 以下の反射防止膜を成膜する請求項 1 に記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 6】前記反射防止膜として、露光波長が 150 ～ 450 nm において、反射屈折率 $n = 2.4 \pm 0.6$ 、吸収屈折率 $k = 0.7 \pm 0.2$ である反射防止膜を成膜する請求項 1 に記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 7】前記下地基板の少なくとも表面が、シリコン系材料で構成してある請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 8】前記シリコン系材料が、単結晶シリコン、多結晶シリコン、非晶質シリコン、ドーブとポリシリコンのいずれかである請求項 7 に記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 9】前記下地基板の少なくとも表面が、高融点金属または高融点金属シリサイド系材料で構成してある請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 10】前記下地基板の少なくとも表面が、低融点金属系材料で構成してある請求項 11 ～ 6 のいずれか

2

に記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 11】前記低融点金属系材料が、アルミニウム、アルミニウム-シリコン合金、アルミニウム-シリコン-銅合金、銅、銅合金のいずれかである請求項 10 に記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 12】前記反射防止膜を実際に成膜する前に、前記下地基板の種類に応じて、露光時のフォトレジストでの定在波効果が最小となる条件の、反射防止膜の反射屈折率 n 、吸収屈折率 k および膜厚をシミュレーションにより求め、

そのシミュレーションにより求められた反射屈折率 n および吸収屈折率 k に近づくように、下地基板の表面に直接またはその他の層を介して、酸化シリコン系膜で構成される反射防止膜を、成膜条件を調節しながら、前記シミュレーションにより求められた膜厚と略等しい膜厚で成膜する請求項 1 ～ 11 のいずれかに記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 13】前記原料ガスに、少なくとも水素元素を含有する物質を含むことを特徴とする請求項 12 に記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 14】反射防止膜を実際に成膜する前に、下地基板の種類に応じて、露光時のフォトレジストでの定在波効果が最小となる条件の、反射防止膜の反射屈折率 n 、吸収屈折率 k および膜厚をシミュレーションにより求め、

そのシミュレーションにより求められた反射屈折率 n および吸収屈折率 k に近づくように、下地基板の表面に直接またはその他の層を介して、酸化シリコン系膜で構成される反射防止膜を、成膜条件を調節しながら、前記シミュレーションにより求められた膜厚と略等しい膜厚で成膜する反射防止膜形成方法。

【請求項 15】前記原料ガスに、少なくとも水素元素を含有する物質を含むことを特徴とする請求項 14 に記載の反射防止膜形成方法。

【請求項 16】前記下地基板の少なくとも表面が高融点金属または高融点金属シリサイド系材料の場合に、前記反射防止膜として、露光波長が 150 ～ 450 nm において、反射屈折率 n が 1.8 以上 3.0 以下であり、吸収屈折率 k が 0.5 以上 0.9 以下であり、膜厚が 15 nm 以上 35 nm 以下の反射防止膜を成膜する請求項 1 に記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 17】前記下地基板の少なくとも表面が低融点金属系材料の場合に、前記反射防止膜として、露光波長が 150 ～ 450 nm において、反射屈折率 n が 1.63 以上 2.03 以下であり、吸収屈折率 k が 0.55 以上 0.95 以下であり、膜厚が 20 nm 以上 40 nm 以下の反射防止膜を成膜する請求項 1 に記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 18】前記下地基板の少なくとも表面が低融点金属系材料の場合に、前記反射防止膜として、露光波長

10

20

30

40

50

が 150 ~ 450 nm において、反射屈折率 n が 1.63 以上 2.03 以下であり、吸収屈折率 k が 0.6 以上 0.9 以下であり、膜厚が 20 nm 以上 40 nm 以下の反射防止膜を成膜する請求項 1 に記載のレジストパターン形成方法。

【請求項 19】前記下地基板の少なくとも表面がシリコン系材料の場合に、前記反射防止膜として、露光波長が 150 ~ 450 nm において、反射屈折率 n が 1.9 以上 2.3 以下であり、吸収屈折率 k が 0.5 以上 0.9 以下であり、膜厚が 20 nm 以上 40 nm 以下の反射防止膜を成膜する請求項 1 に記載のレジストパターン形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、新規な反射防止膜を用いたレジストパターン形成方法、および反射防止膜形成方法に関する。特に、本発明は、下地基板上に形成した反射防止膜上のフォトリソを単一波長により露光してレジストパターンを形成する際の前記反射防止膜の膜厚、および反射屈折率、吸収屈折率などの光学条件の最適化を図るために適した新規な反射防止膜を用い、フォトリソでの定在波効果を最小限にして、微細なレジストパターンを良好に形成することができるレジストパターン形成方法および反射防止膜形成方法に関する。本発明は、例えば、電子材料（半導体装置等）を製造する際の微細パターンを形成する方法として利用することができる。

【0002】

【発明の背景】例えば、フォトリソグラフィ技術において、現在、最先端のステッパー（投影露光機）は、KrF エキシマレーザー光（248 nm）を光源に用い、0.37 ~ 0.42 程度の NA のレンズを搭載している（例えば、ニコン NSR1505EX1、キャノン FPA4500）。これらステッパーを用いて、サブハーフミクロン（0.5 μ m 以下）領域のデザインルールデバイスの研究開発が研究されている。

【0003】ステッパーは、単一波長の光を露光光源に用いている。単一波長で露光を行う場合には、定在波効果と呼ばれる現象が発生することが広く知られている。定在波が発生する原因は、レジスト膜内で光干渉が起こることによる。すなわち、図 1 に示すように、入射光 P と、レジスト PR と基板 S との界面から反射光 R とが、レジスト RP の膜内で干渉を起こすことによる。

【0004】その結果として、図 2 に示すごとく、レジストに吸収される光量（縦軸）が、レジスト膜厚（横軸）に依存して変化する。なお本明細書中、レジストに吸収される光量とは、表面反射や、金属が存在する場合該金属での吸収や、レジストから出射した光の量などを除いた、レジスト自体に吸収される光の量をいう。かかる吸収光量が、レジストを光反射させるエネルギーとな

るものである。

【0005】なお、図 2 は、シリコン基板の上にレジスト膜（XP8843）を成膜し、レジスト膜の膜厚による吸収光量の変化を調べた結果である。露光用光としては、 $\lambda = 248$ nm の KrF を仮定した。また、その吸収光量変化の度合いは、図 3 と図 4 との比較からも理解されるように、下地基板の種類により異なる。図 2、3、4 において、レジストはいずれも XP8843（シブレー社）を用いているが、下地基板は各々 Si、Al-Si、W-Si である。すなわち、下地基板の光学定数（ n 、 k ）およびレジストの光学定数（ n 、 k ）により定まる多重干渉を考慮した複素振幅反射率（ R ）により、吸収光量の変化の度合いは定まる。（ R ）は実数部と虚数部とをもつベクトル量であることを示す）。

【0006】さらに、実デバイスにおいては、図 5 に示すように、基板面には必ず凹凸が存在する。例えば、ポリシリコン等の凸部 In が存在する。このため、レジスト膜 RP を塗布した際、レジスト膜の厚さは、段差の上部と下部とで異なることになる。つまり、凸部 In 上のレジスト膜厚 d_{11} は、それ以外の部分のレジスト膜厚 d_{12} よりも薄くなる。

【0007】定在波効果は、レジスト膜厚により異なることは、前記説明したとおりであり、このため、定在波効果の影響を受けることによるレジストに吸収される光量の変化も、各々変わってくる。この結果、露光、現象後に得られるレジストパターンの寸法が、段差の上部と下部とで異なってしまう。定在波効果のパターン寸法に及ぼす影響は、同一波長、同一開口数のステッパーを用いた場合、パターンが細かければ細かいほど顕著化し、どの種のレジストについても、共通に見られる現象である。

【0008】上記定在波効果のパターン寸法におよぼす影響は、同一波長、同一開口数のステッパーを用いた場合、パターンが細かければ細かいほど顕著化する。図 6 ~ 8 に、ステッパーとしてニコン NSR1505EX1（使用露光光： $\lambda = 248$ nm、KrF エキシマ、NA = 0.42）を用い、レジストとして XP8843（シブレーマイクロエレクトロニクス（株）の化学増幅型レジスト；光酸発生剤を含むポリビニルフェノール系レジスト）を用いた場合の、定在波効果の影響をパターンサイズ毎に示す。明らかにパターンが微細化すればするほど、定在波効果が顕著になっている（図中に○で示す 0.5 μ m、0.4 μ m、0.35 μ m ラインアンドスペースパターンのクリティカルディメンションシフト CD-Shift のばらつきも参照）。なお、図 6 は 0.5 μ m の間隔のラインアンドスペースパターンの場合であり、図 7 は 0.4 μ m の間隔のラインアンドスペースパターンの場合であり、図 8 は 0.35 μ m の間隔のラインアンドスペースパターンの場合であり、微細化するほど、定在波効果が顕著になっている。

【0009】この傾向は、どの種のレジストについても、共通に見られる現象である。半導体装置等のデバイス作製時のフォトリソグラフィ工程におけるレジストパターンの寸法精度は、一般に $\pm 5\%$ である。トータルでは $\pm 5\%$ よりも暖かくも実用可とは考えられるが、フォーカスその他の、他の要因によるバラツキも生ずることを考え合わせれば、レジスト露光時におけるパターン精度は、この $\pm 5\%$ 以内に収めることが望まれる。この $\pm 5\%$ の寸法精度を達成するためには、定在波効果の低減が必須である。

【0010】図9に、レジスト膜内での吸収光量の変動（横軸）に対する、レジストパターンの寸法変動（縦軸）を示す。図9より、例えば $0.35\mu\text{m}$ ルールデバイスの作製を行うには、レジスト膜の吸収光量の変動は、レンジ6%以下であることが要求されることがわかる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上述した要求に答えるべく、現在各方面で反射防止技術の検討が精力的に行われている。しかしながら、下地基板の材料や、使用するレジストが決まっても、その場合に適正な反射防止効果が得られる反射防止膜の条件はどのようなものであるかを決定するのは、必ずしも容易ではない。

【0012】例えば、反射防止膜が必要不可欠とされているゲート構造上（例えばタングステンシリサイド（ W-Si ）膜上）のパターン形成において、レジスト膜の吸収光量の変動を、例えばレンジ6%とする反射防止膜は、どのような条件のものであるかは、決定されていない。当然、そのような W-Si 上に有効な反射防止膜材料は、未だ見出しされていない。

【0013】この W-Si 材料をゲートとする構造については、現在、多層レジスト法もしくはダイ入りレジスト等により、パターン形成を行っている。よって、早急に、 W-Si 上での反射防止技術を確立することが必要不可欠と考えられる。このような場合に、任意の単一波長を露光光源として、任意の下地基板上に安定した微細パターン形成を行うための反射防止膜に関する包括的な条件、および具体的条件を決定し得る手段があれば、例えば上記のように W-Si 上にいかなる条件の反射防止膜を形成すればよいのかを、見い出すことができる。しかし、このような手法は、未だ、提案されていない。

【0014】

【発明の目的】本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、任意の単一波長の光を露光光源として、任意の下地基板上にレジストパターンを形成する際に、そのレジストパターンが微細なものであっても、良好に、安定したレジストパターンを形成するためのレジストパターン形成方法と新規な反射防止膜の形成方法を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段および作用】上記目的を達成するために、本発明に係るレジストパターン形成方法は、下地基板上に形成した反射防止膜上のフォトレジストを単一波長により露光してレジストパターンを形成するレジストパターン形成方法であって、下地基板上に、直接またはその他の層を介して、酸化シリコン系膜で構成される反射防止膜を成膜する工程と、前記反射防止膜の上に、直接またはその他の層を介してフォトレジストを形成する工程と、前記フォトレジストに露光を行い、マスクパターンを転写する工程とを有する。本発明において酸化シリコン系膜とは Si 、 O 、（ SiO とも称する）膜を意味するが、水素などの任意成分を含んでも良い。

【0016】前記反射防止膜としては、露光波長が $150\sim 450\text{nm}$ において、反射屈折率 n が1.2以上3.4以下であり、吸収屈折率 k が0.16以上0.72以下であり、膜厚が 10nm 以上 100nm 以下の反射防止膜を成膜することが好ましい。

【0017】前記反射防止膜として、露光波長が $150\sim 450\text{nm}$ において、反射屈折率 n が1.9以上5.7以下であり、吸収屈折率 k が0以上0.46以下であり、膜厚が 25nm 以上 100nm 以下の反射防止膜を用いることもできる。前記反射防止膜として、露光波長が $150\sim 450\text{nm}$ において、反射屈折率 n が1.2以上3.4以下であり、吸収屈折率 k が0.4以上1.4以下であり、膜厚が 10nm 以上 100nm 以下の反射防止膜を用いることもできる。

【0018】前記反射防止膜として、露光波長が $150\sim 450\text{nm}$ において、反射屈折率 n が1.9以上5.7以下であり、吸収屈折率 k が0.2以上0.62以下であり、膜厚が 25nm 以上 100nm 以下の反射防止膜を用いることもできる。前記反射防止膜として、露光波長が $150\sim 450\text{nm}$ において、反射屈折率 $n=2.4\pm 0.6$ 、吸収屈折率 $k=0.7\pm 0.2$ である反射防止膜を用いることもできる。

【0019】前記下地基板としては、その少なくとも表面が、シリコン系材料で構成されたものを用いることもできる。前記シリコン系材料としては、単結晶シリコン、多結晶シリコン、非晶質シリコン、ドーパトポリシリコンなどを例示することができる。

【0020】前記下地基板としては、その少なくとも表面が、高融点金属または高融点金属シリサイド系材料で構成してある基板を用いることもできる。前記下地基板としては、その少なくとも表面が、低融点金属系材料で構成してある基板を用いることもできる。

【0021】前記低融点金属系材料としては、アルミニウム、アルミニウム-シリコン合金、アルミニウム-シリコン-銅合金、銅、銅合金などを例示することができる。本発明において、下地基板の少なくとも表面が高融点金属または高融点金属シリサイド系材料の場合に、前

記反射防止膜として、露光波長が150～450nmにおいて、反射屈折率 n が1.8以上3.0以下であり、吸収屈折率 k が0.5以上0.9以下であり、膜厚が15nm以上35nm以下の反射防止膜を用いることが好ましい。

【0022】本発明において、下地基板の少なくとも表面が低融点金属系材料の場合に、前記反射防止膜として、露光波長が150～450nmにおいて、反射屈折率 n が1.63以上2.03以下であり、吸収屈折率 k が0.55以上0.95以下、好ましくは0.6以上0.9以下であり、膜厚が20nm以上40nm以下の反射防止膜を用いることが好ましい。

【0023】本発明において、下地基板の少なくとも表面がシリコン系材料の場合に、前記反射防止膜として、露光波長が150～450nmにおいて、反射屈折率 n が1.9以上2.3以下であり、吸収屈折率 k が0.5以上0.9以下であり、膜厚が20nm以上40nm以下の反射防止膜を用いることが好ましい。

【0024】本発明に係る反射防止膜形成方法およびレジストパターン形成方法では、前記反射防止膜を実際に成膜する前に、前記下地基板の種類に応じて、露光時のフォトリソグレイでの定在波効果が最小となる条件の、反射防止膜の反射屈折率 n 、吸収屈折率 k および膜厚をシミュレーションにより求め、そのシミュレーションにより求められた反射屈折率 n および吸収屈折率 k に近づくように、下地基板の表面に直接またはその他の層を介して、酸化シリコン系膜で構成される反射防止膜を、成膜条件を調節しながら、前記シミュレーションにより求められた膜厚と略等しい膜厚で成膜することが好ましい。

【0025】前記原料ガスに、少なくとも水素元素を含む物質を含むことが好ましい。上記の新規な反射防止膜の決定に際しては、以下の手段を用いて行った。

(I) 任意に定めたある膜厚のレジストの膜厚に対し、反射防止膜の光学条件(n , k)を連続的に変化させ(ただし、反射防止膜の膜厚は固定しておく)た際のレジスト膜内で吸収される吸収光量の等高線を求める。

【0026】(II) 上記(I)で求めた各レジスト膜の膜厚におけるレジスト内部の吸収光量の等高線の結果において、吸収光量の差が最小になる共通領域を見出し、この共通領域により限定される光学条件を、(I)において定めた反射防止膜の膜厚における光学条件(n , k)とする。

【0027】(III) 反射防止膜の膜厚を変化させて、上記(I), (II)の操作を繰り返し行い、反射防止膜の各膜厚に対する各最適条件の光学定数(n , k)を求める。

(IV) 上記(III)で得られた最適条件の光学定数を有する実際の材質の反射防止膜を見出す。

【0028】次に、図面を参照して、本発明に用いられる反射防止膜の包括的条件を決定する上記手段(I)～

(IV)について、より具体的に説明する。

①定在波効果の極大値間、または極小値間のレジスト膜厚は、レジストの屈折率を n_{res} とし、露光用光の波長を λ とすると、 $\lambda/2n$ で与えられる(図10参照)。

【0029】②レジストと下地基板との間に、反射防止膜ARLを過程して、その膜厚さ d_{arl} 、光学定数を n_{arl} 、 k_{arl} とする。

③図10におけるある1点(例えば、定在波効果が極大となる膜厚)の膜厚に着目すると、反射防止膜の膜厚さ d_{arl} を固定して n_{arl} 、 k_{arl} を変化させた場合、その点におけるレジスト膜の吸収光量は変化する。この変化する軌跡、すなわち吸収光量の等高線を求めると、図11に示すようになる。

【0030】④他の異なったレジスト膜厚 d_{res} について、少なくとも定在波効果を極大もしくは極小にする膜厚を基準にして、 $\lambda/8n_{\text{res}}$ 間隔で4ヶ所に対して、③を繰り返し行くと、図11に対応した図12～図14が得られる(図11～図14は、反射防止膜厚を20nmに規定し、レジスト膜厚を各々985nm、1000nm、1018nm、1035nmとした結果を示す)。以上は、上記手段(I)に該当する。

【0031】⑤図11～図14の各々グラフの共通領域は、反射防止膜の特定の膜厚について、レジスト膜厚が変化しても、レジスト膜内での吸収光量が変化しない領域を示している。すなわち、上記共通領域は、定在波効果を最小にする、反射防止効果が最も高い領域である。よって、かかる共通領域を見い出す。共通領域を見い出すのは、例えば簡便には、各図(グラフ)を重ね合わせて、共通領域をとることにより、行うことができる(もちろん、コンピュータでの共通領域の検索により行ってもよい)。これは上記手段(II)に該当する。

【0032】⑥次に、反射防止膜の膜厚 d を連続的に変化させて、上記③④⑤を繰り返す。たとえば最初のステップの⑤までは、 $d=20\text{nm}$ として操作を行ったとすると、 d を変えて、上記を繰り返し行う。これにより、定在波効果を最小にするような反射防止膜の膜厚 d_{arl} 、光学定数 n_{arl} 、 k_{arl} の条件を特定できる。これは上記手段(III)に該当する。

【0033】⑦上記⑥で特定した反射防止膜の満たすべき条件(膜厚、光学定数)を満足するような膜の種類を、露光用光における各膜種の光学定数を測定することにより、見い出す。これは手段(IV)に該当する。上記手法は、全ての波長、全ての下地基板に対して、原理的に適用可能である。

【0034】上記(I)～(IV)の手段で、本発明に係る方法で好適に用いることができる反射防止膜について検討したところ、酸化シリコン膜(SiO_2 膜)が特に適切であることが判明した。この膜は、その成膜条件により、光学条件を大きく変化させることが可能であり、上記手法により求めた定在波効果を最小にする反射

防止膜の光学条件に合わせた反射防止膜を、容易に成膜することができる。

【0035】この酸化シリコン系膜からなる反射防止膜は、各種CVD法、熱酸化法により容易に成膜することができる。たとえば、この膜は、平行平板型プラズマCVD法、ECRプラズマCVD法、もしくはバイアスECRプラズマCVD法を利用し、マイクロ波を用いて、シラン系ガスと酸素を含むガスと（たとえば $\text{SiH}_4 + \text{O}_2$ ）の混合ガスを用いて成膜することができる。また、その際に、バッファガスとして、アルゴンArガスまたは N_2 ガスなどを用いることができる。

【0036】また、これら Si 、 O 、膜は、レジストをマスクとして、 CF_4 、 CHF_3 、 C_2F_4 、 C_4F_8 、 SF_6 、 S_2F_8 、 NF_3 系ガスをエッチャントとし、Arを添加してイオン性を高めたRIEにより、容易にエッチングすることができる。そのRIEは、約2Pa程度の圧力で、10～100W程度のパワーをかけて行うことが好ましい。また、RIE時のガスの流量は、特に限定されないが、5～70SCCMであることが好ましい。

【0037】

【実施例】以下本発明の実施例について、具体的に説明する。ただし、当然のことではあるが、本発明は以下の実施例により限定されるものではない。

実施例1

この実施例は、KrFエキシマリソグラフィーを用いてW-Si膜上に安定したレジストパターンを形成するための実施例である。

【0038】本実施例では、実際に反射防止膜を用いてレジストパターンを形成する前に、以下の手法により、フォトレジストでの定在波効果を最小にすることができる反射防止膜の最適な光学条件および膜厚を求めた。

(1) 反射防止膜がない状態で、W-Si膜上にXP8843レジスト（シブレイマイクロエレクトロニクス（株））を塗布し、波長248nmのKrFエキシマレーザー光により露光、現象した際の定在波効果を図15に示す。図15より、定在波効果は、約±20%である。

【0039】(2) 図15において、定在波効果の極大値は、例えばレジスト膜厚が985nmのときにある。レジスト膜厚985nmに着目し、かつ反射防止膜の膜厚を30nmとした際、反射防止膜の光学定数 n_{eff} 、 k_{eff} の変化に対するレジスト膜内の吸収光量の変化（吸収光量の等高線）を図16に示す。

【0040】(3) レジスト膜厚1000nm、1017.5nm、1035nm各々に対して、上記(2)を繰り返し行った結果を、各々図17、図18、図19に示す。

(4) 図17～19の共通領域を求めた結果、

$$n_{\text{eff}} = 4.9, \quad k_{\text{eff}} = 0.1$$

または、 $n_{\text{eff}} = 2.15$ 、 $k_{\text{eff}} = 0.67$ を得た。

【0041】すなわち、反射防止膜の膜厚を30nmとした際の最適反射防止膜の満たすべき条件は、

$$n_{\text{eff}} = 4.9, \quad k_{\text{eff}} = 0.1$$

または、 $n_{\text{eff}} = 2.15$ 、 $k_{\text{eff}} = 0.67$ である。

【0042】本条件を用いて定在波効果を求めると、図20、図21に示す結果を得た。図20、21において、定在波効果はきわめて小さく、いずれの場合においても、約±1%であった。反射防止膜なしの場合と比較して、1/20程度に定在波効果は低減された。なお、図20と図21とは、反射防止膜の光学条件が相違する。

【0043】(5) 上記(2)～(4)の操作は、反射防止膜の膜厚を30nmとした場合であるが、他の異なる反射防止膜の膜厚（ARL膜厚）に対しても、(2)～(4)を繰り返して行くと、反射防止膜の膜厚に応じた反射防止膜の最適条件が求まる。求めた結果を図22、23に示す。図22、23に示すように、解(Valu

e) 1については、反射防止膜として、反射屈折率 n が1.2以上3.4以下であり、吸収屈折率 k が0.16以上0.72以下であり、膜厚が10nm以上100nm以下であるものが、最適な反射防止膜となり、解(Valu)e) 2については、反射防止膜として、反射屈折率 n が1.9以上5.7以下であり、吸収屈折率 k が0以上0.46以下であるものが、最適な反射防止膜となることが判明した。図22、23に示す曲線上に一致する n 、 k を有する反射防止膜が最も好ましいが、必ずしも曲線上ではなく、 n については±0.6、好ましくは±0.2であり、 k については±0.3、好ましくは±0.2、さらに好ましくは±0.15、さらにまた好ましくは±0.05の範囲にあれば、十分な反射防止効果を奏する。

【0044】(6) 上記(5)で求めた反射防止膜の満たすべき条件を満足するような膜種が存在するのか否かを、分光エリプソメーター（SOPRA社、“Moss System”）を用いて調査した。この結果、図24に示すように、 SiH_4 と O_2 との流量比およびマイクロ波出力などに応じて、 n 、 k が変化することが判明し、図24中、○印で囲まれた条件で成膜すれば、 Si 、 O 、膜（酸化シリコン膜、 SiO 膜とも称する）が、図22、23の条件を完全に満たすことが分かった。すなわち、WSiを下地基板とする場合には、好ましくは、反射屈折率 $n = 2.4 \pm 0.6$ 、吸収屈折率 $k = 0.7 \pm 0.2$ 、膜厚 $d = 30 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ である Si 、 O 、膜を反射防止膜として用いれば、定在波効果を最小限にすることができることが予想される。

【0045】次に、上記光学条件および膜厚の Si 、 O 、膜を成膜することにより、実際に定在波効果が低減さ

れるか否かを確認した。図 25 に示すように、シリコン基板 S の上に、高融点金属シリサイドである WSi を積層し、その上に、Si, O, 膜から成る反射防止膜 ARL を成膜した。すなわち、ECR-CVD 装置を用い、Si, O, 膜を 23.8 nm 成膜した。その Si, O, 膜から成る反射防止膜 ARL の反射屈折率 n が 2.36 であり、吸収屈折率 k が 0.53 であった。その Si, O, 膜から成る反射防止膜 ARL の上に、XP8843 から成るフォトレジスト PR を形成し、定在波効果を調べた結果を図 26 中の実施例 1 に示す。

【0046】なお、比較のために、反射防止膜は形成しない以外は同様にして定在波効果を調べた結果も、図 26 中に比較例 1 として示す。実施例 1 では、定在波効果は、約 $\pm 1.8\%$ 程度であり、反射防止膜を用いなかった比較例 1 の場合 ($\pm 21\%$) と比較して、定在波効果は 1/12 程度に低減された。

【0047】図 25 に示す構造で、フォトレジスト PR を 0.35 μm ルールの線幅で、露光用光として $\lambda = 248 \text{ nm}$ の KrF レーザを用いてフォトリソグラフィを行ったところ、マスクパターンに近い良好なレジストパターンが得られた。その後、レジストパターンをマスクとして、下地基板をエッチングした。まず、Si, O, 膜のエッチングは、CHF₃ (50~100 SCCM) + O₂ (3~20 SCCM) のガス系を用い、2 Pa 程度の圧力で、100~1000 W 程度のパワーをかけ、Ar を添加してイオン性を高めたリアクティブエッチング (RIE) 法により、エッチングを行うようにして、所望のパターンをエッチングした。

【0048】次に、下地基板である図 25 に示す WSi ゲート G を、所定パターンのフォトレジスト PR をマスクとして、RIE などでエッチングした。微細なレジストパターンが転写された良好な微細パターンの WSi ゲート G を得ることができた。

実施例 2

本実施例では、Si, O, 膜から成る反射防止膜を、以下の手法により成膜した以外は、前記実施例 1 と同様にして、下地基板を加工した。

【0049】すなわち、本実施例では、平行型プラズマ CVD 法、ECR プラズマ CVD 法、もしくはバイアス ECR プラズマ CVD 法を利用し、マイクロ波 (2.45 GHz) を用いて、SiH₄ + O₂ 混合ガスを用いて、Si, O, 膜から成る反射防止膜を成膜した。

【0050】この反射防止膜には、レジストの成膜前に、O₂ のプラズマ処理を行ってもよい。このプラズマ処理を行うことにより、化学増幅型レジスト下方での酸の失活を防止し、レジストのパターンエッジ部の裾引きまたはオーバーハングを防止することができる。

【0051】実施例 3

本実施例では、Si, O, 膜から成る反射防止膜を、以下の手法により成膜した以外は、前記実施例 1 と同様

して、下地基板を加工した。すなわち、本実施例では、平行平板型プラズマ CVD 法、ECR プラズマ CVD 法、バイアス ECR プラズマ CVD 法を利用し、マイクロ波 (2.45 GHz) を用いて、SiH₄ + O₂ 混合ガスと、バッファガスとして Ar または N₂ とを用いて、Si, O, 膜から成る反射防止膜を成膜した。

【0052】実施例 4

本実施例では、Si, O, 膜から成る反射防止膜を、以下の手法により成膜した以外は、前記実施例 1 と同様にして、下地基板を加工した。すなわち、本実施例では、平行型プラズマ CVD 法、ECR プラズマ CVD 法、もしくはバイアス ECR プラズマ CVD 法を利用し、SiH₄ + O₂ 混合ガスを用いて、Si, O, 膜から成る反射防止膜を成膜した。

【0053】実施例 5

本実施例では、Si, O, 膜から成る反射防止膜を、以下の手法により成膜した以外は、前記実施例 1 と同様にして、下地基板を加工した。すなわち、本実施例では、平行平板型プラズマ CVD 法、ECR プラズマ CVD 法、バイアス ECR プラズマ CVD 法を利用し、SiH₄ + O₂ 混合ガスと、バッファガスとして Ar または N₂ とを用いて、Si, O, 膜から成る反射防止膜を成膜した。

【0054】実施例 6

本実施例では、Si, O, 膜から成る反射防止膜を、以下の手法により、レジストパターンをマスクとしてエッチングした以外は、前記実施例 1 と同様にして、下地基板を加工した。

【0055】すなわち、本実施例では、Si, O, 膜のエッチングは、C₄F₈ (30~70 SCCM) + CHF₃ (10~30 SCCM) のガス系を用い、2 Pa 程度の圧力で、100~1000 W 程度のパワーをかけイオン性を高めたリアクティブエッチング法により、所望のパターンをエッチングした。

【0056】実施例 7

本実施例では、Si, O, 膜から成る反射防止膜を、以下の手法により、レジストパターンをマスクとしてエッチングした以外は、前記実施例 1 と同様にして、下地基板を加工した。

【0057】すなわち、本実施例では、Si, O, 膜のエッチングは、S₂F₆ (5~30 SCCM) のガス系を用い、2 Pa 程度の圧力で、100~1000 W 程度のパワーをかけイオン性を高めたリアクティブエッチング法により、所望のパターンをエッチングした。

【0058】実施例 8

本実施例では、図 27 に示すように、シリコン基板 S の上に、Al、Al-Si、Al-Si-Cu などの低融点金属材料 G を積層し、その上に、反射防止膜 ARL および必要に応じて SiO₂ 等のシリコン酸化膜 O_x を積層し、KrF エキシマリソグラフィを用いて、フォ

レジストPRのフォトリソグラフィ加工を行う。その際に、本実施例では、反射防止膜として、Si, O, 膜を用いる。

【0059】Al-Siとしては、一般に使用されている1重量% Si含有のAl-Si合金の他、Siがこれよりも少ないものや、あるいはこれより多いものについても、好ましく用いることができる。Al-Si-Cuとしては、たとえばSiが1重量%前後であり、Cuが0.1~2重量%程度のものに好ましく適用できるが、これらに限らない。代表的には、Si 1重量%、Cu 0.5重量%のAl-Si-Cu合金である。

【0060】Al、Al-Si、Al-Si-Cuなどの低融点金属下地基板の上に用いる反射防止膜として、Si, O, 膜を見い出した手法は、下地基板の材質および反射率が相違する以外は、前記実施例1と同様にして行った。すなわち、以下の手法を用いた。

【0061】(1) 反射防止膜がない状態で、Al、Al-Si、Al-Si-Cu基板上にXP8843レジスト(シブレイマイクロエレクトロニクス(株))を塗布し、波長248nmのKrFエキシマレーザー光により露光、現像した。この時の定在波効果を図3に示す。図3により、定在波効果は、約±29.6%である。

【0062】(2) 図3において、定在波効果の極大値は、例えば、レジスト膜厚が982nmのときにある。レジスト膜厚982nmに着目し、かつ反射防止膜の膜厚を30nmとした際、反射防止膜の光学定数 n_{SiO} 、 k_{SiO} の変化に対するレジスト膜内の吸収光量の等高線を図28に示す。

【0063】(3) レジスト膜厚1000nm、1018nm、1035nm各々に対して、上記(2)を繰り返し行った結果、各々図29、図30、図31に示す。

(4) 図28~31の共通領域を求めた結果、 $n_{\text{SiO}} = 4.8$ 、 $k_{\text{SiO}} = 0.45$ または、 $n_{\text{SiO}} = 2.0$ 、 $k_{\text{SiO}} = 0.8$ を得た。

【0064】すなわち、反射防止膜の膜厚を30nmとした際の最適反射防止膜の満たすべき条件は、

$n_{\text{SiO}} = 4.8$ 、 $k_{\text{SiO}} = 0.45$ または、 $n_{\text{SiO}} = 2.0$ 、 $k_{\text{SiO}} = 0.8$ である。

【0065】本条件を用いて定在波効果を求めると、図32、33に示す結果を得た。図32、図33においても、定在波効果はきわめて小さく、いずれの場合においても、レンジ約1%以下であった。図3に示す反射防止膜なしの場合に比較して、1/60程度に定在波効果は低減された。図32と図33とでは、反射防止膜の光学条件が相違する。

【0066】(5) 上記(2)~(4)の操作は、反射防止膜の膜厚を30nmとした場合であるが、他の異なる反射防止膜の膜厚(ARL膜厚)に対しても、(2)

~(4)を繰り返し行くと、反射防止膜の膜厚に応じた反射防止膜の最適条件が求まる。求めた結果を図22、図34に示す。図22、34に示すように、解(Value)1については、反射防止膜として、反射屈折率 n が1.2以上3.4以下であり、吸収屈折率 k が0.4以上1.4以下であり、膜厚が10nm以上100nm以下であるものが、最適な反射防止膜となり、解(Value)2については、反射防止膜として、反射屈折率 n が1.9以上5.7以下であり、吸収屈折率 k が0.2以上0.62以下であるものが、最適な反射防止膜となることが判明した。図22、34に示す曲線上に一致する n 、 k を有する反射防止膜が最も好ましいが、必ずしも曲線上ではなく、 n については±0.6、好ましくは±0.2であり、 k については±0.3、好ましくは±0.2、さらに好ましくは±0.15、さらにまた好ましくは±0.05の範囲にあれば、十分な反射防止効果を奏する。

【0067】(6) 上記(5)で求めた反射防止膜の満たすべき条件を満足するような膜種が存在するの否かを、分光エリプソメーター(SOPRA社)を用いて調査した。この結果、Si, O, 膜をCVD法を用いて成膜する際の成膜条件に対応して、光学定数が変化することを、前記実施例1と同様にして、図24に示すように見い出した。図24中、Al-(1%)Siの○印で示す領域は、図22、図34の条件を満たす。すなわち、好ましくは、反射屈折率 $n = 2.3 \pm 0.6$ 、吸収屈折率 $k = 0.80 \pm 0.2$ 、膜厚 23 ± 10 nmであるSi, O, 膜を反射防止膜として用いれば、定在波効果を最小限にすることができると予想される。

【0068】次に、上記光学条件および膜厚のSi, O, 膜を成膜することにより実際に定在波効果が低減されるか否かを確認した。図27に示すように、シリコン基板Sの上に、Al、Al-Si、Al-Si-Cuなどの低融点金属材料層Gを積層し、その上に、図24に示す○印の条件近くで、Si, O, 膜から成る反射防止膜ARLを成膜した。すなわち、ECR-CVD装置を用い、出力1000W近く、SiH₄/O₂の流量比が、SiH₄リッチの条件でSi, O, 膜を約30nm成膜した。そのSi, O, 膜から成る反射防止膜ARLの反射屈折率 n が1.83であり、吸収屈折率 k が0.75であった。そのSi, O, 膜から成る反射防止膜ARLの上に、XP8843から成るフォトリソレジストPRを形成し、定在波効果を調べた結果を図35中の実施例8に示す。

【0069】なお、比較のために、反射防止膜は形成しない以外は同様にして定在波効果を調べた結果も比較例2として示す。実施例8では、定在波効果は、約±2.2%(1.4%)程度であり、反射防止膜を用いなかった比較例2の場合と比較して、定在波効果は1/20程度に低減された。

【0070】図27に示す構造で、フォトレジストPRを0.35 μ m ルールの線幅で、露光用光として $\lambda=248$ nmのKrFレーザを用いてフォトリソグラフィを行ったところ、マスクパターンに近い良好なレジストパターンが得られた。その後、レジストパターンをマスクとして、下地基板をエッチングした。まず、Si、O、膜のエッチングは、CHF₃（50～100SCCM）+O₂（3～20SCCM）のガス系を用い、2Pa程度の圧力で、100～1000W程度のパワーをかけイオン性を高めたリアクティブエッチング（RIE）法により、エッチングを行うようにして、所望のパターンをエッチングした。

【0071】次に、下地基板である図27に示す金属配線材料である低融点金属材料層Gを、所定パターンのフォトレジストPRをマスクとして、RIEなどでエッチングした。微細なレジストパターンが転写された良好な微細パターンの金属配線層を得ることができた。

【0072】実施例9

本実施例では、実施例8で示したSi、O、膜から成る反射防止膜を、以下の手法により成膜した。すなわち、本実施例では、平行平板型プラズマCVD法、ECRプラズマCVD法、もしくはバイアスECRプラズマCVD法を利用し、必要に応じてマイクロ波（2.45GHz）を用いて、SiH₄+O₂混合ガスを用いて成膜した。なお、原料ガスのバッファガスとして、ArまたはN₂を用いても良い。

【0073】このようなCVD法により、ガスの流量比を調節することにより、反射防止膜厚と最適反射防止膜の満たすべき光学特性との関係を示す図（図22、図34）における曲線上の値、もしくは、nに関しては曲線上の値 ± 0.6 、kに関しては曲線上の値 ± 0.2 の範囲内にあるSi、O、膜から成る反射防止膜を良好に成膜することができた。

【0074】実施例10

本実施例では、実施例8で示したSi、O、膜から成る反射防止膜を、以下の手法により成膜した。すなわち、本実施例では、SiH₄+O₂+N₂混合ガスを用いて、常温～500℃の温度で、0.01～10Paの圧力でCVDにより成膜した。

【0075】このCVD法により、ガスの流量比を調節することにより、反射防止膜厚と最適反射防止膜の満たすべき光学特性との関係を示す図（図22、図34）における曲線上の値、もしくは、nに関しては曲線上の値 ± 0.6 、kに関しては曲線上の値 ± 0.2 の範囲内にあるSi、O、膜から成る反射防止膜を良好に成膜することができた。

【0076】実施例11

本実施例では、Si、O、膜から成る反射防止膜を、以下の手法により、レジストパターンをマスクとしてエッチングした以外は、前記実施例8と同様にして、下地基

板を加工した。

【0077】すなわち、本実施例では、Si、O、膜のエッチングは、C₄F₈（30～70SCCM）+CHF₃（10～30SCCM）のガス系を用い、2Pa程度の圧力で、100～1000W程度のパワーをかけイオン性を高めたリアクティブエッチング法により、所望のパターンをエッチングした。

【0078】実施例12

本実施例では、Si、O、膜から成る反射防止膜を、以下の手法により、レジストパターンをマスクとしてエッチングした以外は、前記実施例8と同様にして、下地基板を加工した。

【0079】すなわち、本実施例では、Si、O、膜のエッチングは、S₂F₆（5～30SCCM）のガス系を用い、2Pa程度の圧力で、100～1000W程度のパワーをかけイオン性を高めたリアクティブエッチング法により、所望のパターンをエッチングした。

【0080】実施例13

本実施例では、前記実施例8～12において、下地基板として、Cu系金属材料であるCuを用いた以外は、前記実施例と同様にして、下地基板上に反射防止膜を成膜し、その上にレジスト膜を成膜し、レジスト膜のフォトリソグラフィ加工を行い、そのレジスト膜をマスクとして、反射防止膜および下地基板のエッチングを行った。

【0081】Cuから成る下地基板でも、同様にして、定在波効果を最小限にして良好なパターンで微細加工を行うことができた。

実施例14

本実施例では、図36に示すように、下地基板Sとして、単結晶シリコン、多結晶シリコン、非晶質シリコン、ドーパドポリシリコン等のシリコン系下地基板Gを用い、その上に、反射防止膜ARLを積層し、KrFエキシマリソグラフィを用いて、フォトレジストPRのフォトリソグラフィ加工を行う。その際に、本実施例では、反射防止膜として、Si、O、膜を用いる。

【0082】単結晶シリコン、多結晶シリコン、非晶質シリコン、ドーパドポリシリコン等のシリコン系基板上に用いる反射防止膜として、Si、O、膜を見出した手法は、下地基板の材質および反射率が相違する以外は、前記実施例1と同様に行った。すなわち、以下の手法を用いた。

【0083】（1）反射防止膜がない状態でSi系基板上にXP8843レジスト（シプレイマイクロエレクトロニクス（株））を塗布し、波長248nmのKrFエキシマレーザー光を光源とする露光機で、現像した。この時の定在波効果を図37に示す。図37より、定在波効果は、約 $\pm 20\%$ である。

【0084】（2）図37において、定在波効果の極大値は、例えばレジスト膜厚が985nmのときにある。

レジスト膜厚 985 nm に着目し、かつ反射防止膜の膜厚を 30 nm とした際、反射防止膜の光学定数 n_{SiO_2} 、 k_{SiO_2} の変化に対するレジスト膜内の吸収光量の変化を求める。

【0085】(3) 他の複数のレジスト膜厚を取って、その各々に対して、上記(2)を繰り返し行った。

(4) その結果を図示し、これらの共通領域を求める。このような操作を各種反射防止膜膜厚について求め、これにより、ある膜厚についての光学定数の最適値 (n 値, k 値) を求める。例えば、反射防止膜の膜厚を 30 nm とした際の最適反射防止膜の満たすべき光学条件は、 $n_{\text{SiO}_2} = 2.1$, $k_{\text{SiO}_2} = 0.7$ である。

【0086】上記条件を用いて定在波効果を求めると、図 38 に示す結果を得た。図 38 において、本実施例 (with SiO) の場合の定在波効果は極めて小さく、 $\pm 1\%$ 以下であった。反射防止膜なし (without SiO) の場合の $\pm 2.3\%$ に比較して、 $1/2.3$ 程度以下に定在波効果は低減された。

【0087】(5) 上記(2)～(4)の操作は、反射防止膜の膜厚を 30 nm とした場合であるが、他の異なる反射防止膜の膜厚 (ARL 膜厚) に対しても、(2)～(4)を繰り返し行くと、反射防止膜の膜厚に応じた反射防止膜の最適条件が求まる。

【0088】(6) 上記(5)で求めた反射防止膜の満たすべき条件を満足するような膜種が存在するの否かを、分光エリブソメーター (SOPRA 社) を用いて調査した。この結果、前記実施例 1 と同様に、Si, O, 膜を CVD 法を用いて成膜する際の成膜条件に対応して光学定数が図 24 に示す変化を示すことを見出した。図 24 中の Si 条件○で示す領域は、上述した(4)の条件を満たす。

【0089】すなわち、図 24 中 Si 条件○で示す領域となるように、CVD の条件を設定して、Si, O, 膜から成る反射防止膜を成膜すれば、その反射屈折率 n および吸収屈折率 k は、反射防止膜の膜厚が 30 nm で最適となる $n_{\text{SiO}_2} = 2.1$, $k_{\text{SiO}_2} = 0.7$ に近づく。なお、 n の許容値は ± 0.6 であり、 k の許容値は ± 0.3 であり、膜厚 d の許容値は ± 10 nm である。

【0090】その結果、図 36 に示すように、シリコン系材料で構成された下地基板 G の上に、図 24 に示す Si 条件○印の条件で、Si, O, 膜から成る反射防止膜を成膜し、その上にフォトレジスト PR を成膜し、フォトレジスト PR のホトリソグラフィ加工を行う際に、定在波効果を最小限にすることができることが予想される。

【0091】次に、上記光学条件および膜厚の Si, O, 膜を成膜することにより実際に定在波効果が低減されるか否かを確認した。図 36 に示すように、シリコン基板 S の上に、図 24 に示す Si 条件○印の条件近くで、Si, O, 膜から成る反射防止膜 ARL を成膜した。す

なわち、ECR-CVD 装置を用い、SiH₄/O₂ の流量比が、SiH₄ プアの条件で Si, O, 膜を約 30 nm 成膜した。その Si, O, 膜から成る反射防止膜 ARL の反射屈折率 n が 2.1 であり、吸収屈折率 k が 0.7 であった。その Si, O, 膜から成る反射防止膜 ARL の上に、XP8843 から成るフォトレジスト PR を形成し、定在波効果を調べた結果を図 38 中の実施例 14 に示す。

【0092】なお、比較のために、反射防止膜は形成しない以外は同様にして定在波効果を調べた結果も比較例 3 として示す。実施例 14 では、定在波効果は、約 $\pm 1.1\%$ 程度であり、反射防止膜を用いなかった比較例 3 の場合 ($\pm 2.3\%$) と比較して、定在波効果は $1/2.3$ 程度に低減された。

【0093】実際に、図 36 に示す構造で、フォトレジスト PR を 0.35 μm ルールの線幅で、露光用光として $\lambda = 248$ nm の KrF レーザを用いてフォトリソグラフィを行ったところ、マスクパターンに近い良好なレジストパターンが得られた。

【0094】その後、レジストパターンをマスクとして、下地基板をエッチングした。まず、Si, O, 膜のエッチングは、CHF₃ (50～100 SCCM) + O₂ (3～20 SCCM) のガス系を用い、2 Pa 程度の圧力で、100～1000 W 程度のパワーをかけイオン性を高めたリアクティブエッチング (RIE) 法により、エッチングを行うようにして、所望のパターンをエッチングした。

【0095】次に、下地基板である図 36 に示すシリコン系材料で構成された下地基板 G の表面を、所定パターンのフォトレジスト PR をマスクとして、RIE などでエッチングした。微細なレジストパターンが転写された良好な微細パターンを得ることができた。

【0096】実施例 15

本実施例では、実施例 14 で示した Si, O, 膜を、以下の手法により成膜した以外は、実施例 14 と同様にして、反射防止膜を形成した。すなわち、本実施例では、平行平板型プラズマ CVD 法、ECR プラズマ CVD 法、もしくはバイアス ECR プラズマ CVD 法を利用し、必要に応じてマイクロ波 (2.45 GHz) を用いて、SiH₄ + O₂ 混合ガスを用いて成膜した。なお、この原料ガスには、バッファガスとして、Ar または N₂ を用いてもよい。

【0097】実施例 16

本実施例では、実施例 14 で示した Si, O, 膜から成る反射防止膜を、以下の手法により成膜した。すなわち、本実施例では、SiH₄ + O₂ + N₂ 混合ガスを用いて、常温～500℃の温度で、0.01～10 Pa の圧力で CVD により成膜した。

【0098】この CVD 法により、ガスの流量比を調節することにより、反射防止膜厚と最適反射防止膜の満た

すべき光学特性との関係を示す図（図 22、図 34）における曲線上の値、もしくは、 n に関しては曲線上の値 ± 0.6 、 k に関しては曲線上の値 ± 0.2 の範囲内にある Si 、 O 、膜から成る反射防止膜を良好に成膜することができた。

【0099】実施例 17

本実施例では、 Si 、 O 、膜から成る反射防止膜を、以下の手法により、レジストパターンをマスクとしてエッチングした以外は、前記実施例 14 と同様にして、下地基板を加工した。

【0100】すなわち、本実施例では、 Si 、 O 、膜のエッチングは、 C_2F_4 （30～70 SCCM）+ CHF_3 （10～30 SCCM）のガス系を用い、2 Pa 程度の圧力下で、100～1000 W 程度のパワーをかけイオン性を高めたりアクティブエッチング法により、所望のパターンをエッチングした。

【0101】実施例 18

本実施例では、 Si 、 O 、膜から成る反射防止膜を、以下の手法により、レジストパターンをマスクとしてエッチングした以外は、前記実施例 14 と同様にして、下地

基板を加工した。

【0102】すなわち、本実施例では、 Si 、 O 、膜のエッチングは、 S_2F_8 （5～30 SCCM）のガス系を用い、2 Pa 程度の圧力下で、100～1000 W 程度のパワーをかけイオン性を高めたりアクティブエッチング法により、所望のパターンをエッチングした。

【0103】実施例 19

本実施例では、 SiH_4 と O_2 混合ガスを用いて、 Si 、 O 、膜を形成したところ、形成された膜には水素が含まれていることが確認された。すなわち、上記実施例において、 Si 、 O 、膜と考えられていた反射防止膜の一部は、 Si 、 O 、 H 、膜（ただし、 z は 0 でも良い）であったと考えられる。

【0104】実施例 20

本実施例では、前記実施例 1 において、図 39、40 に示すように、レジスト厚みとクリティカルディメンジョンとの関係を、実際に調べた。いずれも WSi 上において、 KrF エキシマレーザー光を用いて実験した。図 39 は 0.30 μm ラインアンドスペースパターンの場合であり、図 40 は 0.35 μm ラインアンドスペースパターンの場合である。いずれも、レジストとしては化学増幅型のポジレジストを用いた。

【0105】図 39、40 に示すように、レジストの厚みによらず、略一定の線幅のパターンが得られることが確認された。

実施例 21

本実施例は、少なくとも Si 元素を含有する有機化合物を原料に用いる反射防止膜の形成法である。有機化合物を原料に用いると段差部分の反射防止膜の被覆率が向上し、つまり平坦部と段差垂直部の反射防止膜の膜厚差が

小さくなり、半導体デバイスチップ内の反射防止効果の均一性が向上する。

【0106】よって本実施例は、ステップカバレッジ（段差部の被覆率）がすぐれている有機化合物を原料ガスとして用いるので、段差の厳しいデバイスにおいて特に有効と言える。有機化合物として例えば TEOS や、 OMCTS （ Si 、 O （ CH_3 ）8； Si/O =比 1）や、 HMDS （ Si 、 O （ CH_3 ）6； Si/O 比=2）等を用いることができる。本実施例では、平行平板プラズマ CVD 装置を用いて、次の成膜条件で実施した。

【0107】 $\text{OMCTS}=50 \text{ sccm}$

$\text{RF Power}=190 \text{ W}$

圧力=332.5 pa (2.5 torr)

基板温度=400℃

電極間距離=1 cm

実施例 22

実施例 21 において、さらに、 Si の比率の高い膜を形成したい場合には、 O や N を含有しない Si ソースとして SiH_4 等を添加してもよい。平行平板プラズマ CVD 装置を用いた場合の成膜条件を以下に示す。

【0108】 $\text{OMCTS}=50 \text{ sccm}$

$\text{SiH}_4=5 \text{ sccm}$

$\text{RF Power}=190 \text{ W}$

圧力=332.5 pa (2.5 torr)

基板温度=400℃

電極間距離=1 cm

以上の実施例では、主にガス流量比をパラメーターとして膜の光学定数をコントロールする方法を述べたが、成膜圧力、RF パワー、基板温度をパラメーターとしても膜の光学定数をコントロールできる。

【0109】

【発明の効果】以上説明してきたように、本発明に係るレジストパターン形成方法によれば、任意の単一波長の光を露光光源として、任意の下地基板上にレジストパターンを形成する際に、露光時の定在波効果を最小限にすることができ、レジストパターンが微細なものであっても、良好に、安定したレジストパターンが形成できる。また、本発明に係る反射防止膜形成方法によれば、定在波効果を最小限にする光学条件を有する反射防止膜を、きわめて容易に成膜することができ、また、そのエッチングも容易である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】従来技術の問題点を説明する図であり、レジスト膜内での光の干渉を示す図である。

【図 2】従来技術の問題点を説明する図であり、定在波効果を示す図である。

【図 3】従来技術の問題点を説明する図であり、定在波効果を示す図である。

【図 4】従来技術の問題点を説明する図であり、定在波

効果を示す図である。

【図 5】従来技術の問題点を説明する図であり、段差の影響を示す図である。

【図 6】定在波効果の影響を示す図である。

【図 7】定在波効果の影響を示す図である。

【図 8】定在波効果の影響を示す図である。

【図 9】吸収光量の変動とパターン寸法変動との関係を示す図である。

【図 10】定在波効果を示す図である。

【図 11】或るレジスト膜厚について、反射防止膜 ARL の膜厚を固定して、 n_{SiO_2} 、 k_{SiO_2} を変化させた場合のレジスト膜の吸収光量の変化の軌跡（吸収光量の等高線）を示す図である。

【図 12】他の異なったレジスト膜厚についての軌跡（等高線）を示す図である。

【図 13】他の異なったレジスト膜厚についての軌跡（等高線）を示す図である。

【図 14】他の異なったレジスト膜厚についての軌跡（等高線）を示す図である。

【図 15】解決すべき定在波効果を示す図である。

【図 16】反射防止膜の膜厚 30 nm の場合の、レジスト膜厚 985 nm についての n_{SiO_2} 、 k_{SiO_2} の変化に対するレジスト膜の吸収光量の変化の軌跡（吸収光量の等高線）を示す図である。

【図 17】レジスト膜厚 1000 nm についての軌跡（等高線）を示す図である。

【図 18】レジスト膜厚 1017.5 nm についての軌跡（等高線）を示す図である。

【図 19】レジスト膜厚 1035 nm についての軌跡（等高線）を示す図である。

【図 20】最適条件（実施例）での定在波効果を示す図である。

【図 21】最適条件（実施例）での定在波効果を示す図である。

【図 22】反射防止膜の膜厚と光学条件としての n との関係を示す図である。

【図 23】反射防止膜の膜厚と光学条件としての k との関係を示す図である。

【図 24】CVD による Si, O₂ 成膜の挙動を示す図である。

【図 25】他の実施例に係る反射防止膜の成膜構造を示す断面図である。

【図 26】W-Si 上の Si, O₂ (25 nm) の反射防止効果を示す図である。

【図 27】他の実施例に係る反射防止膜の成膜構造を示す断面図である。

【図 28】反射防止膜の膜厚 30 nm の場合の、レジスト膜厚 982 nm についての n_{SiO_2} 、 k_{SiO_2} の変化に対するレジスト膜の吸収光量の変化の軌跡（吸収光量の等高線）を示す図である。

【図 29】レジスト膜厚 1000 nm についての軌跡（等高線）を示す図である。

【図 30】レジスト膜厚 1018 nm についての軌跡（等高線）を示す図である。

【図 31】レジスト膜厚 1035 nm についての軌跡（等高線）を示す図である。

【図 32】最適条件での定在波効果を示す図である。

【図 33】最適条件での定在波効果を示す図である。

【図 34】反射防止膜の膜厚と光学条件としての k との関係を示す図である。

【図 35】Si, O₂ 膜の成膜条件による光学定数特性を示す図である。

【図 36】他の実施例における反射防止膜の成膜構造を示す断面図である。

【図 37】定在波効果を示す図である。

【図 38】Si 上の Si, O₂ 膜 (32 nm) の反射防止効果を示す図である。

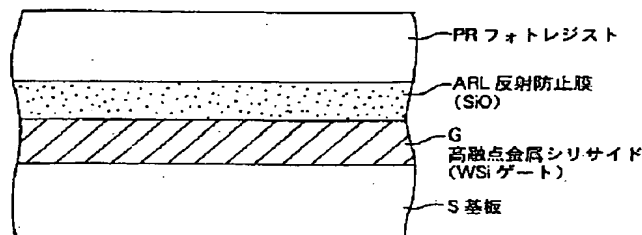
【図 39】その他の実施例 (0.30 μm L/S) の作用説明図である。

【図 40】その他の実施例 (0.35 μm L/S) の作用説明図である。

【符号の説明】

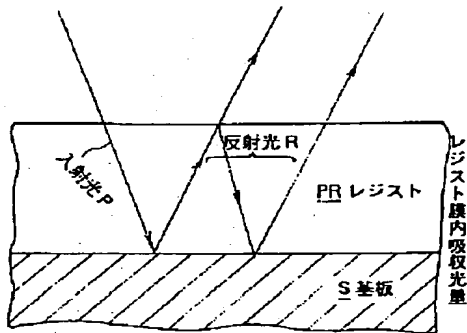
ARL 反射防止膜
PR フォトリソグ
S 下地基板

【図 25】



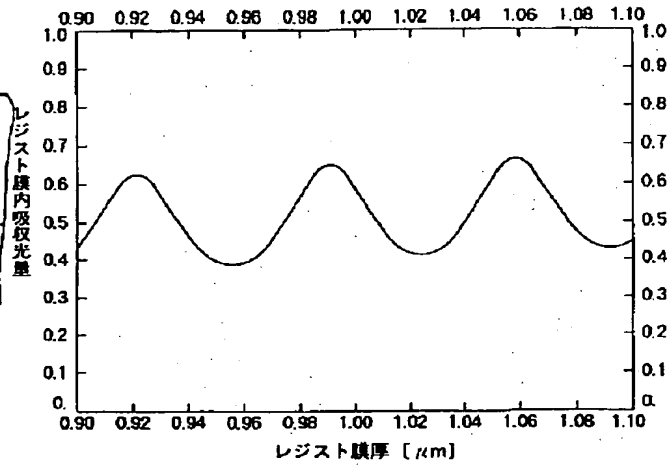
【図 1】

レジスト膜内での光の干渉



【図 2】

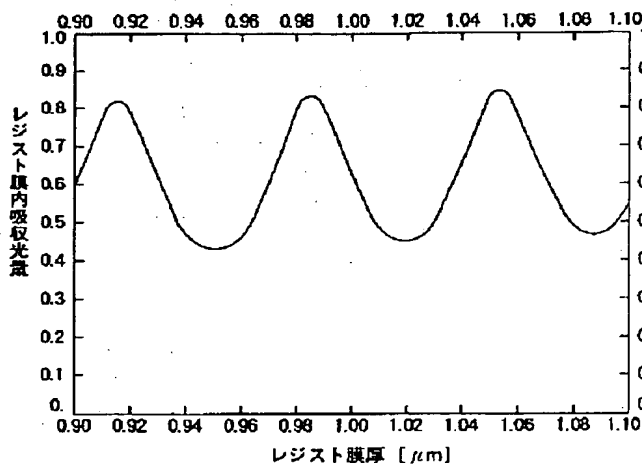
定在波効果



$\lambda = 248\text{nm}$
 XP8843/Si
 $n_{\text{PR}} = 1.802, k_{\text{PR}} = 0.0107$
 $n_{\text{S}} = 1.5717, k_{\text{S}} = 3.583$

【図 3】

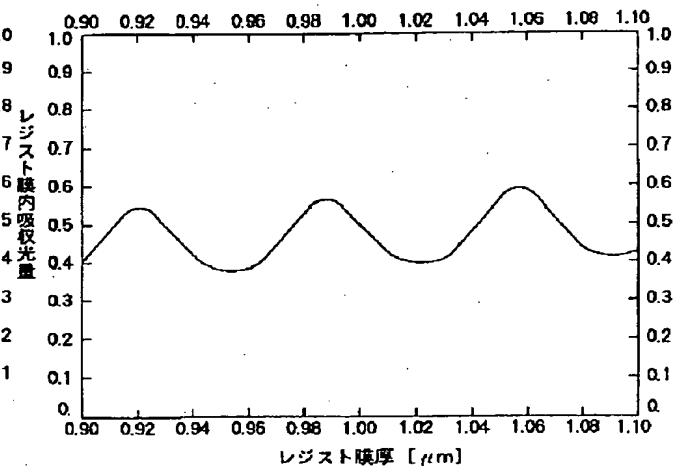
定在波効果



$\lambda = 248\text{nm}$
 XP8843/Al-Si
 $n_{\text{PR}} = 1.802, k_{\text{PR}} = 0.0107$
 $n_{\text{sub}} = 0.089, k_{\text{sub}} = 2.354$

【図 4】

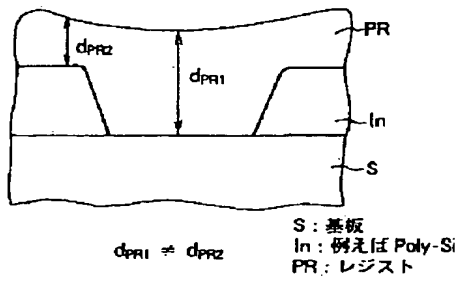
定在波効果



$\lambda = 248\text{nm}$
 XP8843/W-Si
 $n_{\text{PR}} = 1.802, k_{\text{PR}} = 0.0107$
 $n_{\text{sub}} = 1.572, k_{\text{sub}} = 3.583$

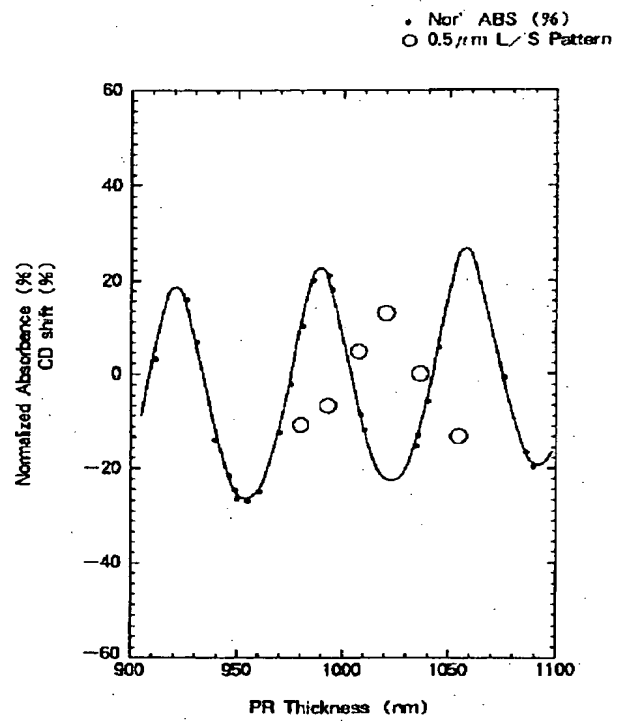
【図 5】

段差の影響



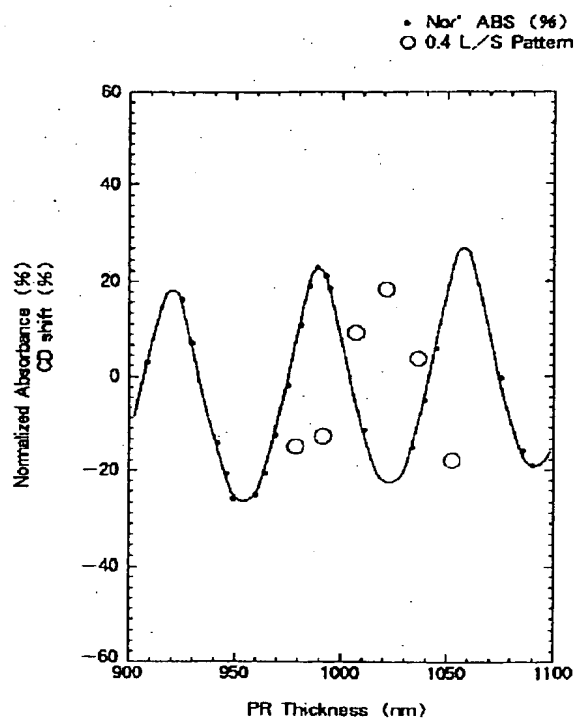
【図 6】

定在波効果の影響



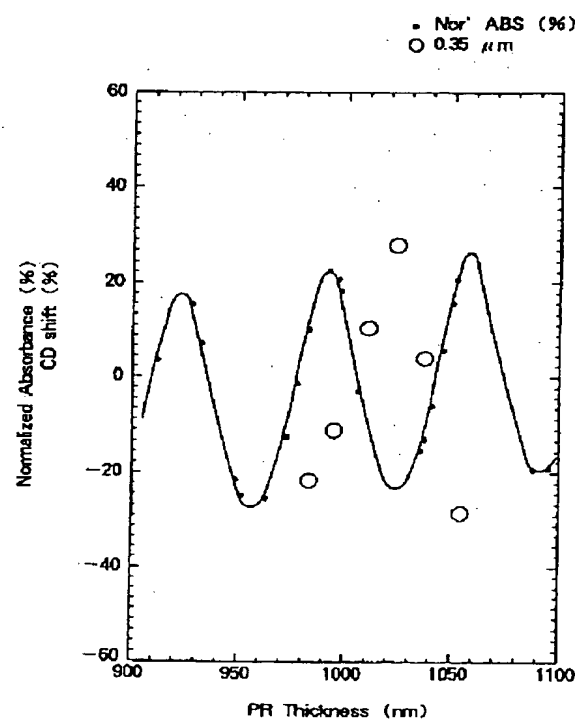
【図 7】

定在波効果の影響



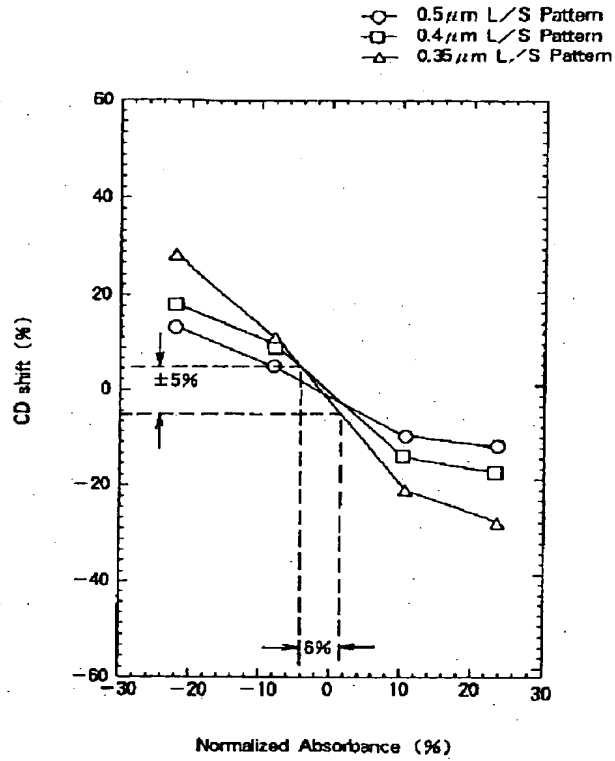
【図 8】

定在波効果の影響

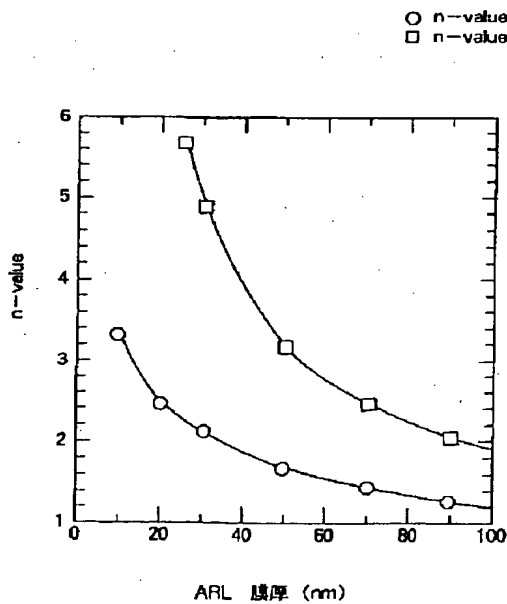


【図 9】

吸収光量の変動とパターン/寸法変動との関係

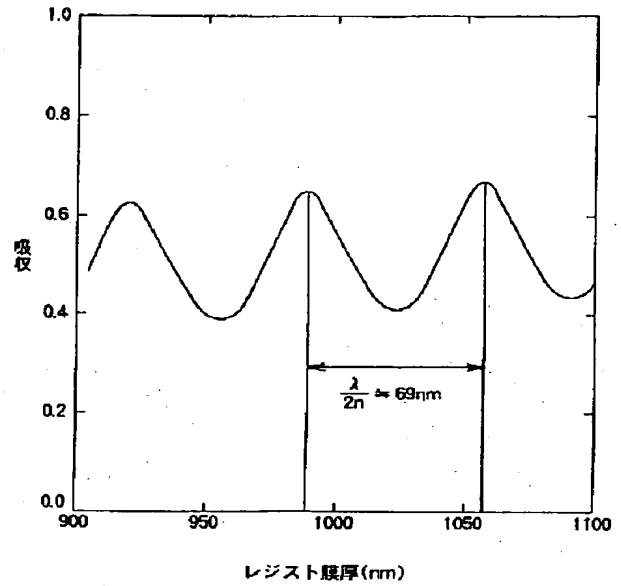


【図 2 2】

反射防止膜の膜厚と n の関係

【図 1 0】

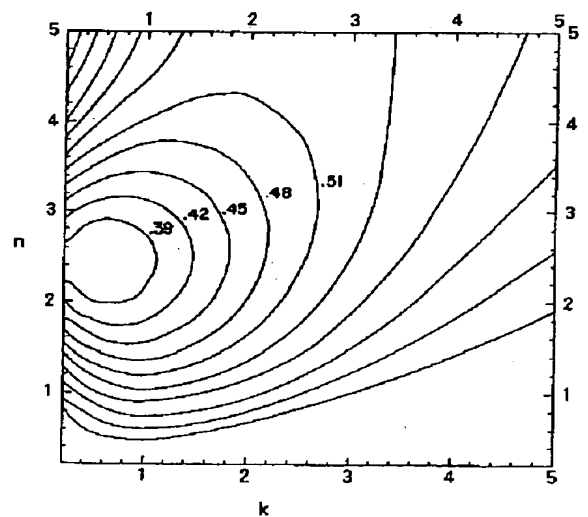
定在波効果(Si 上)



条件
 レジスト : XP8843 ($n=1.802$ $k=0.0107$)
 基板 : Si ($n=1.572$ $k=3.583$)
 $\frac{\lambda}{2n}$ 68.8nm ただし $n=1.802$, $\lambda=248\text{nm}$

【図 1 1】

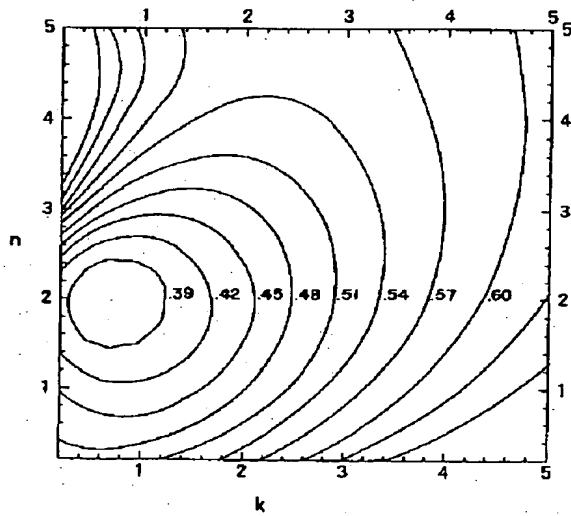
或るレジスト膜厚について反射防止膜 ARL の
 膜厚を固定して n_{ar1} , k_{ar1} を変化させた
 場合のレジスト膜の吸収光量の変化の軌跡



レジスト膜厚 985nm
 反射防止膜厚 20nm

【図 1 2】

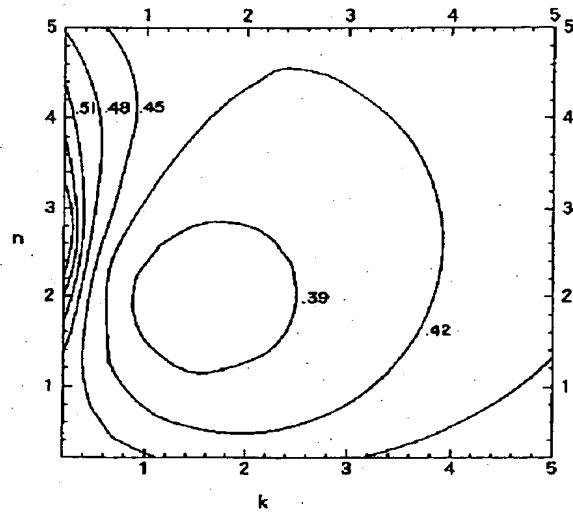
他の異なったレジスト膜厚についての軌跡



レジスト膜厚 1000nm
反射防止膜厚 20nm

【図 1 3】

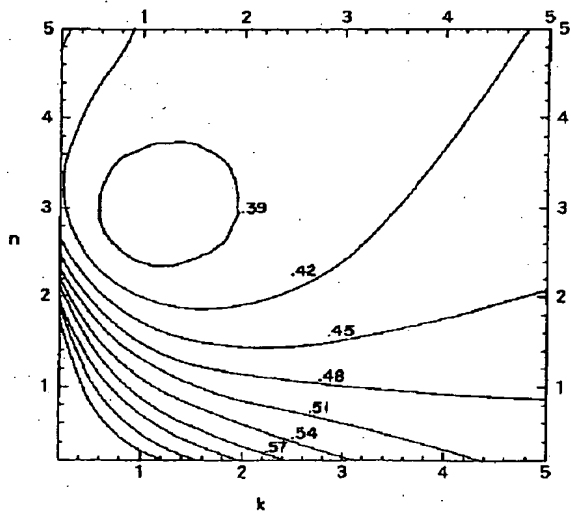
他の異なったレジスト膜厚についての軌跡



レジスト膜厚 1018nm
反射防止膜厚 20nm

【図 1 4】

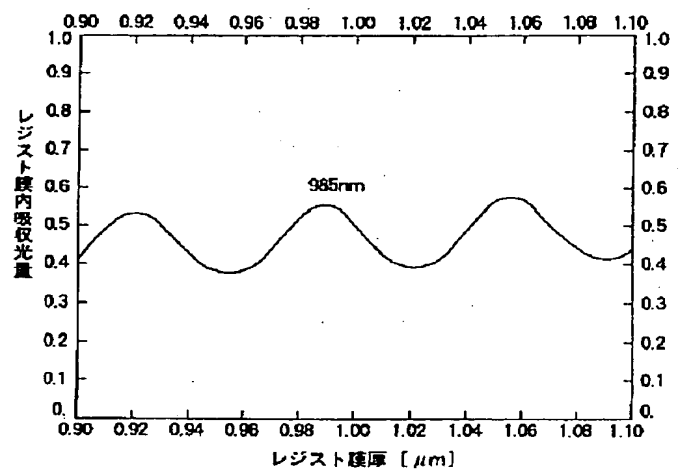
他の異なったレジスト膜厚についての軌跡



レジスト膜厚 1035nm
反射防止膜厚 20nm

【図 1 5】

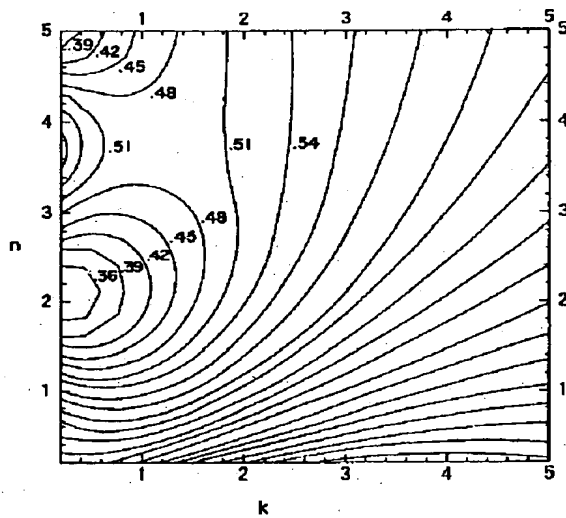
定在波効果 (W-Si 上)



$\lambda = 248\text{nm}$
XP8843onW-Si
 $n_{\text{PR}} = 1.802, k_{\text{PR}} = 0.0107$
 $n_{\text{sub}} = 1.96, k_{\text{sub}} = 2.69$

【図 16】

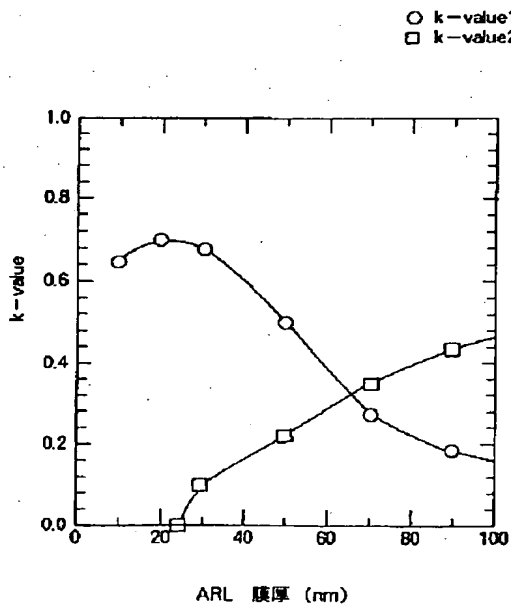
反射防止膜の膜厚 30nm の場合の、レジスト
膜厚 985nm についての、 n_{ar1} , k_{ar1} の
変化に対するレジスト膜の吸収光量の変化の軌跡



$\lambda = 248\text{nm}$
XP8843/ARL/W-Si
 $n_{PR} = 1.802$, $k_{PR} = 0.0107$, $d_{PR} = 0.985\mu\text{m}$
 n_{ar1} , k_{ar1} : パラメーター, $d_{ar1} = 0.03\mu\text{m}$
 $n_{sub} = 1.96$, $k_{sub} = 2.69$

【図 23】

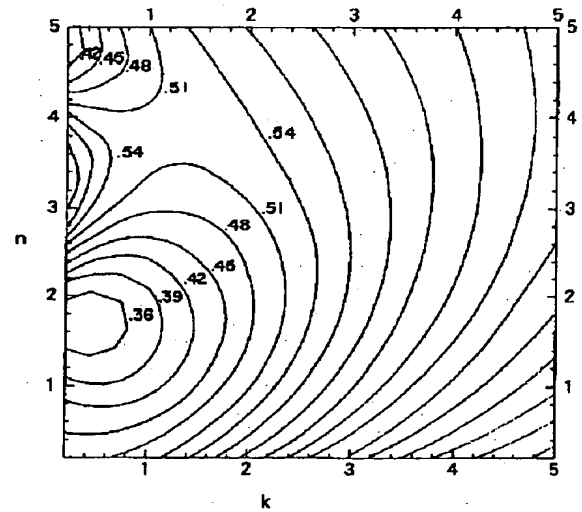
反射防止膜の膜厚と k の関係



ARL 膜厚 (nm)

【図 17】

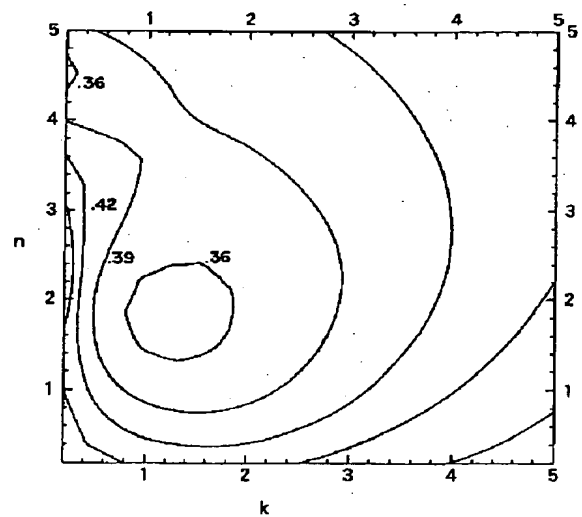
レジスト膜厚 1000nm についての軌跡



$\lambda = 248\text{nm}$
XP8843/ARL/W-Si
 $n_{PR} = 1.802$, $k_{PR} = 0.0107$, $d_{PR} = 1.0\mu\text{m}$
 n_{ar1} , k_{ar1} : パラメーター, $d_{ar1} = 0.03\mu\text{m}$
 $n_{sub} = 1.96$, $k_{sub} = 2.69$

【図 18】

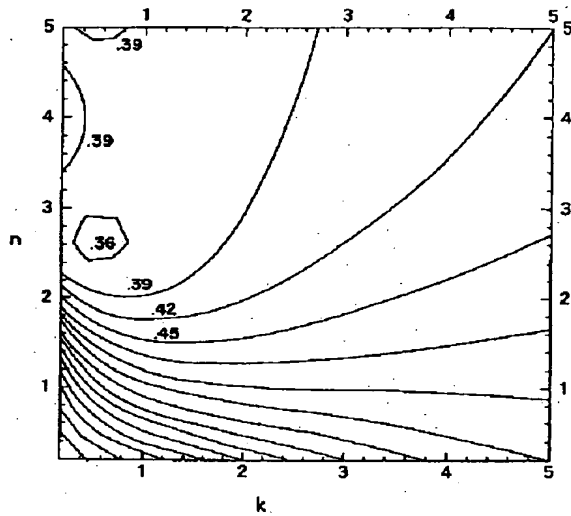
レジスト膜厚 1017.5nm についての軌跡



$\lambda = 248\text{nm}$
XP8843/ARL/W-Si
 $n_{PR} = 1.802$, $k_{PR} = 0.0107$, $d_{PR} = 1.0175\mu\text{m}$
 n_{ar1} , k_{ar1} : パラメーター, $d_{ar1} = 0.03\mu\text{m}$
 $n_{sub} = 1.96$, $k_{sub} = 2.69$

【図 19】

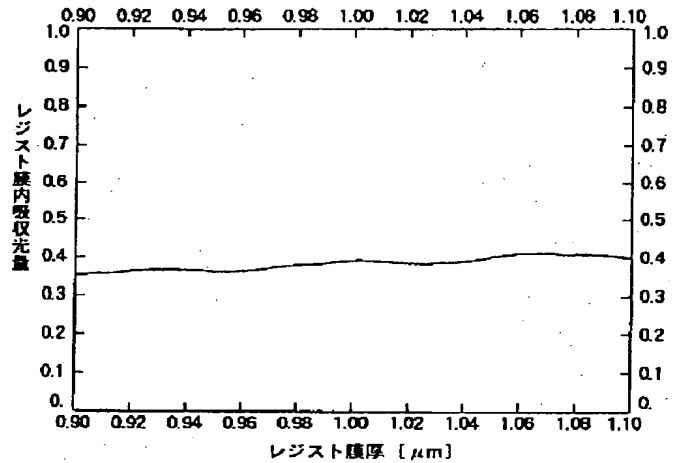
レジスト膜厚 1035nm についての軌跡



$\lambda = 248\text{nm}$
 XP8843/ARL/W-Si
 $n_{PR} = 1.802, k_{PR} = 0.0107, d_{PR} = 1.035 \mu\text{m}$
 n_{ar1}, k_{ar1} : パラメータ, $d_{ar1} = 0.03 \mu\text{m}$
 $n_{sub} = 1.96, k_{sub} = 2.69$

【図 20】

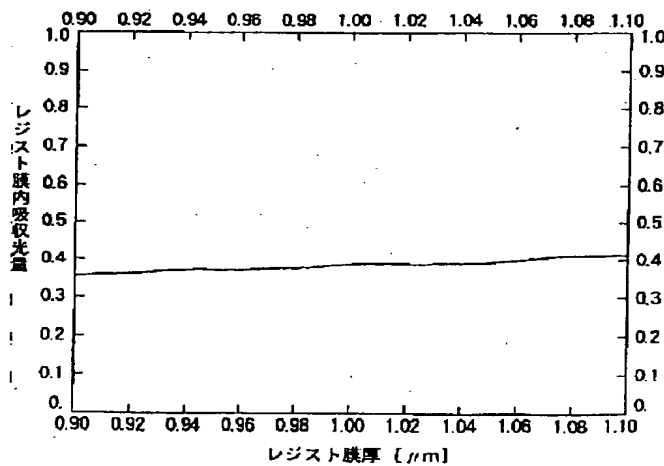
最適条件での定在波効果



$\lambda = 248\text{nm}$
 XP8843/ARL/W-Si
 $n_{PR} = 1.802, k_{PR} = 0.0107$
 $n_{ar1} = 2.15, k_{ar1} = 0.67, d_{ar1} = 0.03 \mu\text{m}$
 $n_{sub} = 1.96, k_{sub} = 2.69$

【図 21】

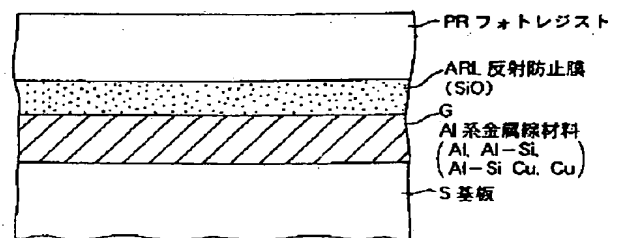
最適条件での定在波効果



$\lambda = 248\text{nm}$
 XP8843/ARL/W-Si
 $n_{PR} = 1.802, k_{PR} = 0.0107$
 $n_{ar1} = 4.9, k_{ar1} = 0.1, d_{ar1} = 0.03 \mu\text{m}$
 $n_{sub} = 1.96, k_{sub} = 2.69$

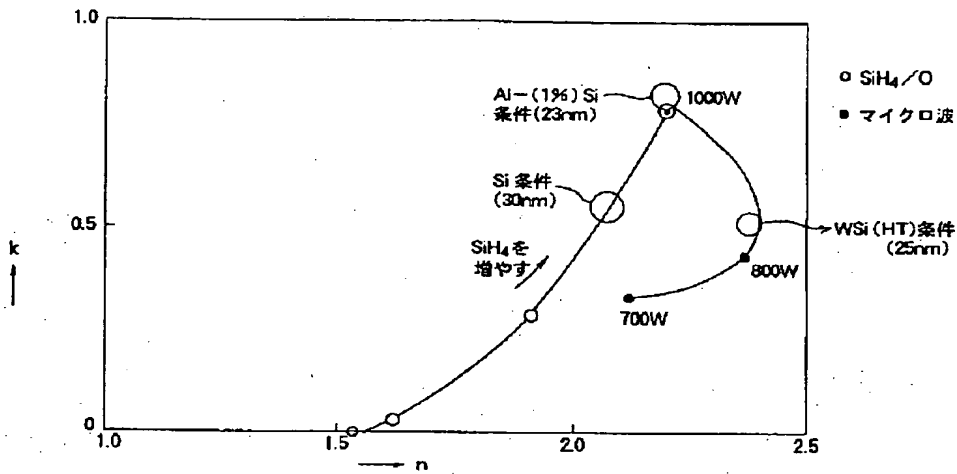
【図 27】

実施例の構造



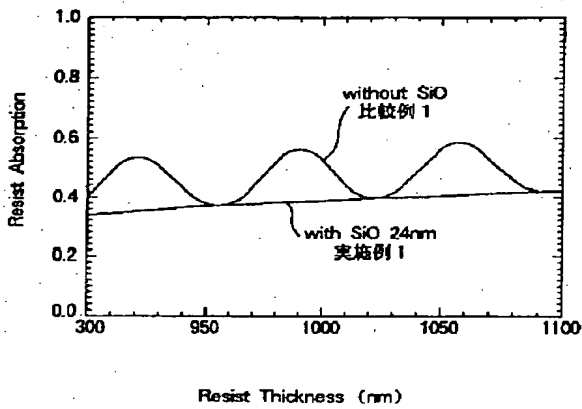
【図 2 4】

ECR-CVD 装置による SiO 成膜挙動



【図 2 6】

W-Si 上の SiO (24nm) の反射防止膜



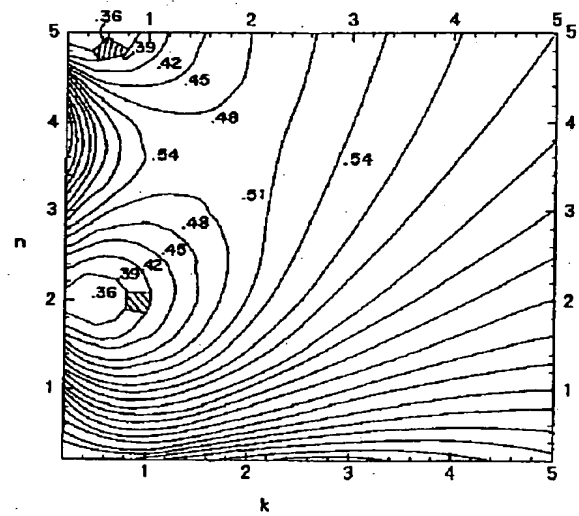
条件
 substrate : W-Si
 (n=1.93, k=2.73)
 ARL : optimized SiO_x
 (n : 2.36, k=0.53, d=23.8nm)
 photoresist : XP8843
 (n=1.80, k=0.011)

ARL effect

	without SiO _x	with SiO _x
Max	0.60	0.425
Min	0.40	0.410
Swing ratio	±21%	±1.8%

【図 2 8】

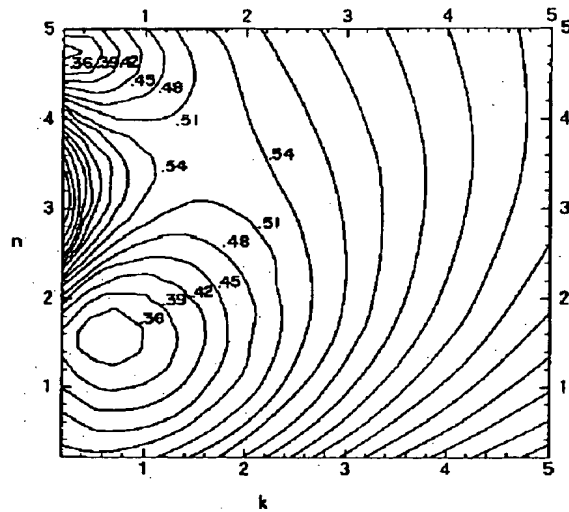
レジスト膜厚 982nm における変化の軌跡



$\lambda = 248\text{nm}$,
 XP8843 / ARL / Al, Al-Si, Al-Si-Cu,
 $n_{\text{PR}} = 1.802$, $k_{\text{PR}} = 0.0107$, $d_{\text{PR}} = 982\text{nm}$,
 n_{ARL} , k_{ARL} : パラメーター, $d_{\text{ARL}} = 30\text{nm}$,
 $n_{\text{SUB}} = 0.089$, $k_{\text{SUB}} = 2.354$

【図 29】

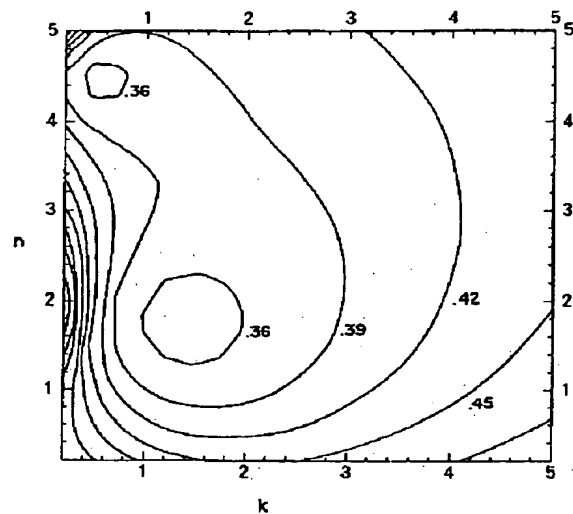
レジスト膜厚 1000nm についての軌跡



$\lambda = 248\text{nm}$,
 XP8843/ARL/AL Al-Si, Al-Si-Cu,
 $n_{PR} = 1.802$, $k_{PR} = 0.0107$, $d_{PR} = 1000\text{nm}$,
 n_{ARL} , k_{ARL} : パラメーター, $d_{ARL} = 30\text{nm}$,
 $n_{sub} = 0.089$, $k_{sub} = 2.354$

【図 30】

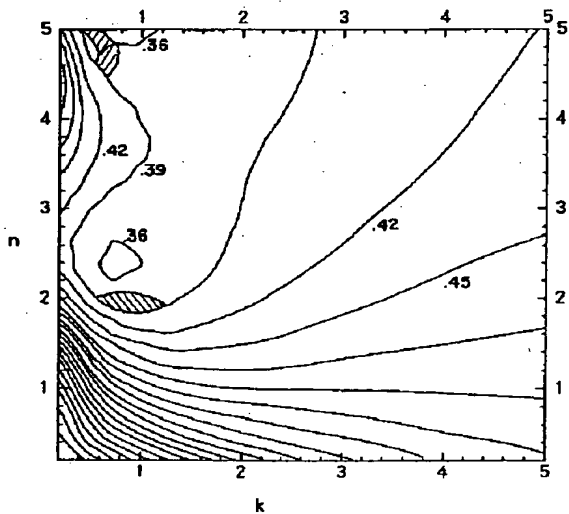
レジスト膜厚 1018nm についての軌跡



$\lambda = 248\text{nm}$,
 XP8843/ARL/AL Al-Si, Al-Si-Cu,
 $n_{PR} = 1.802$, $k_{PR} = 0.0107$, $d_{PR} = 1018\text{nm}$,
 n_{ARL} , k_{ARL} : パラメーター, $d_{ARL} = 30\text{nm}$,
 $n_{sub} = 0.089$, $k_{sub} = 2.354$

【図 31】

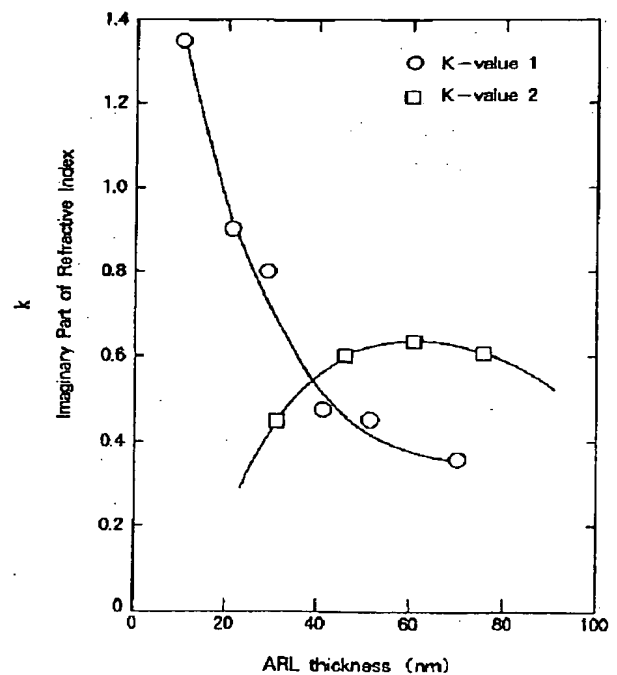
レジスト膜厚 1035nm についての軌跡



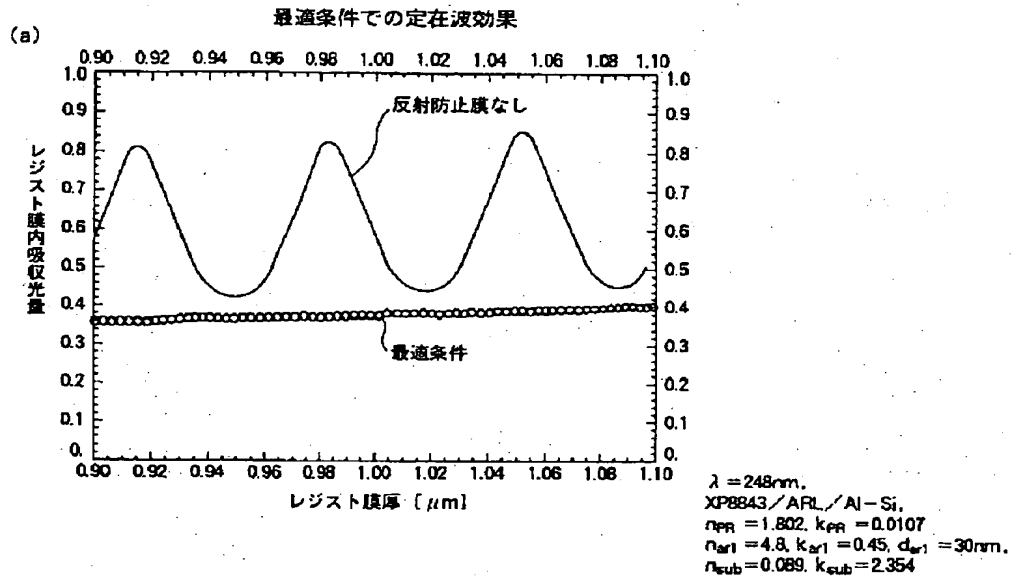
$\lambda = 248\text{nm}$,
 XP8843/ARL/AL Al-Si, Al-Si-Cu,
 $n_{PR} = 1.802$, $k_{PR} = 0.0107$, $d_{PR} = 1035\text{nm}$,
 n_{ARL} , k_{ARL} : パラメーター, $d_{ARL} = 30\text{nm}$,
 $n_{sub} = 0.089$, $k_{sub} = 2.354$

【図 34】

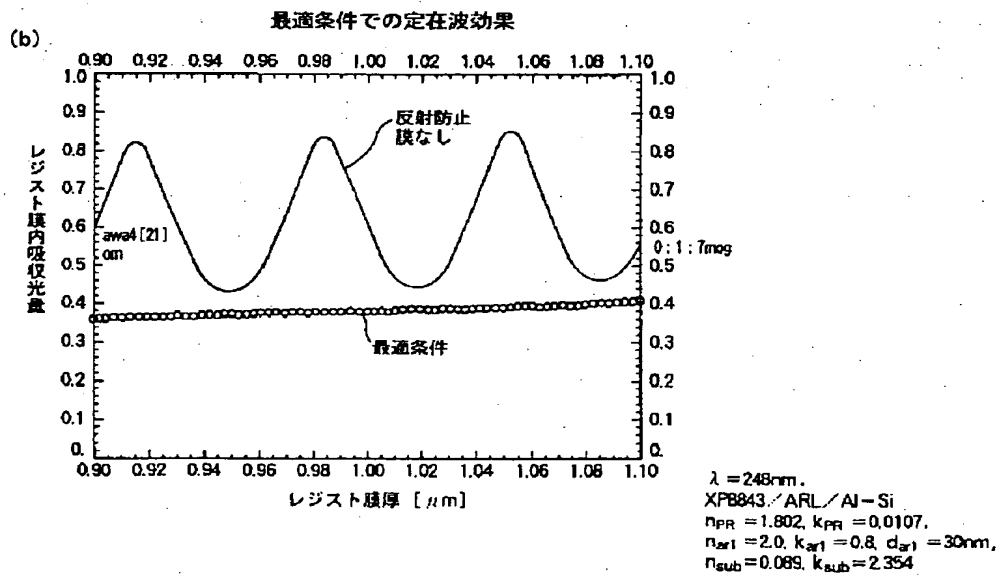
反射防止膜厚と R との関係



【図 3 2】

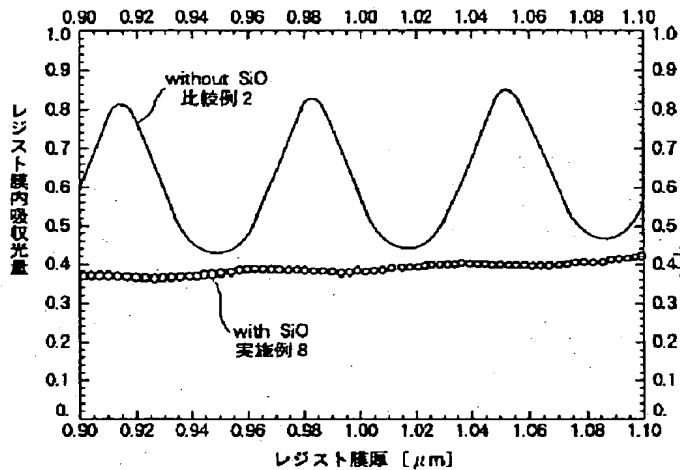


【図 3 3】



【図 3 5】

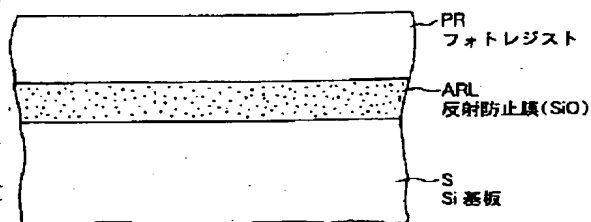
Al, Al-Si, Al-Si-Cu 上の SiO 膜(30nm)の反射防止効果(実施例)



XP8843/SiO (30nm)/Al, Al-Si, Al-Si-Cu,
 $n_{\text{SiO}} = 1.83$, $k_{\text{SiO}} = 0.75$

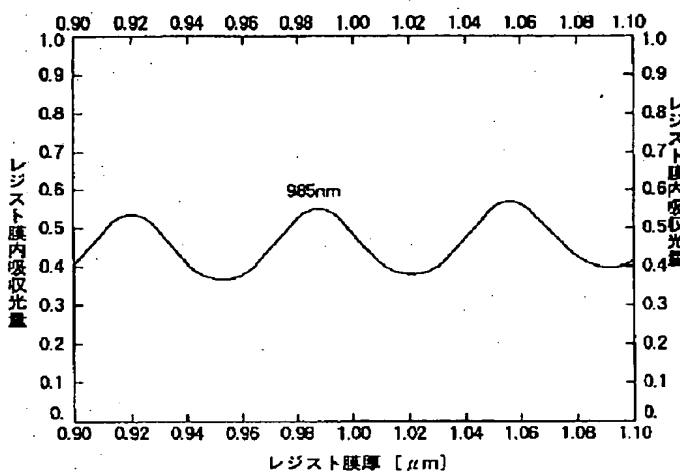
【図 3 6】

実施例の構造



【図 3 7】

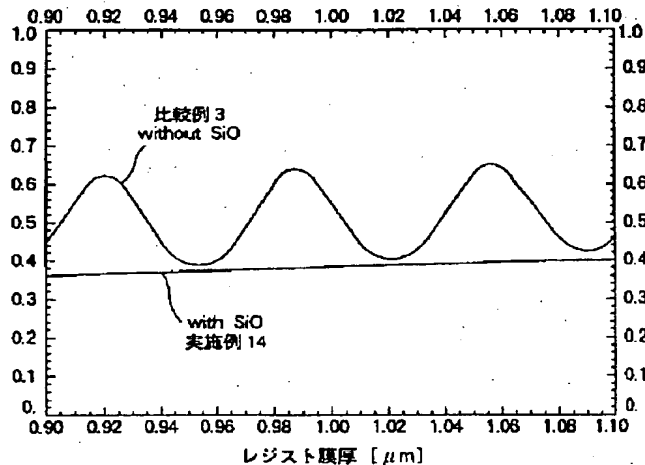
定在波効果



$\lambda = 248\text{nm}$, $n_{\text{PR}} = 1.802$, $k_{\text{PR}} = 0.0107$,
 XP8843 on Si, $n_{\text{sub}} = 1.96$, $k_{\text{sub}} = 2.69$

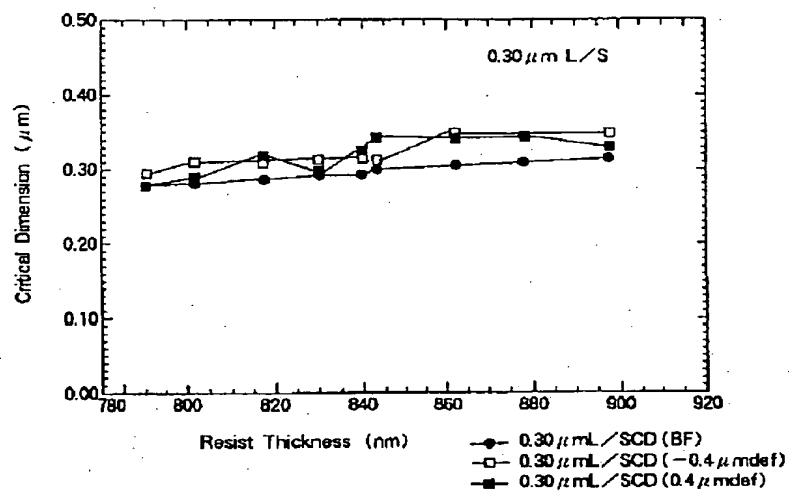
【図 3 8】

Si 基板上的 SiO 膜(30nm)の反射防止効果(実施例)

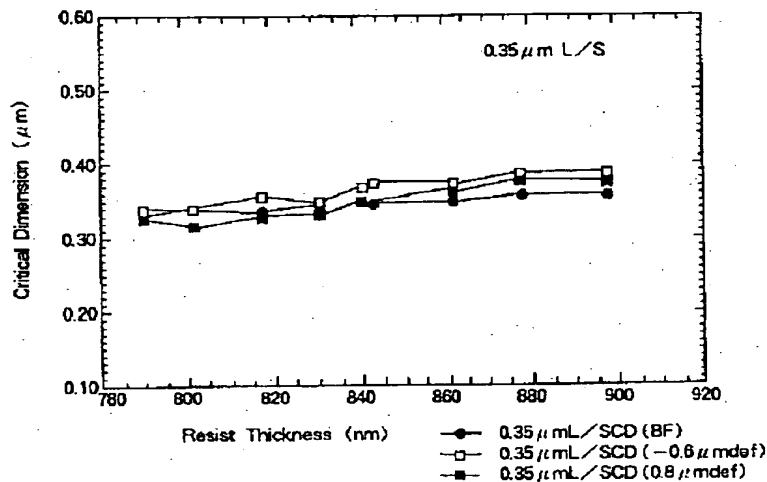


XP8843/SiO (30nm)/Si,
 $n_{\text{SiO}} = 2.1$, $k_{\text{SiO}} = 0.7$

【図 3 9】



【図 4 0】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

569

F

(31)優先権主張番号 特願平 4 - 8 7 9 1 2

(32)優先日 平 4 (1 9 9 2) 3 月 1 1 日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(31)優先権主張番号 特願平 4 - 2 4 4 3 1 4

(32)優先日 平 4 (1 9 9 2) 8 月 2 0 日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(31)優先権主張番号 特願平 4 - 3 1 6 0 7 3

(32)優先日 平 4 (1 9 9 2) 1 0 月 3 1 日

(33)優先権主張国 日本 (J P)